DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR

12

F. W. Fußnegger

Meßtechnik für den Kurzwellenamateur

Der praktische Funkamateur · Band 12 · Meßtechnik für den Kurzwellenamateur

F. W. FUSSNEGGER

Meßtechnik für den Funkamateur



VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1960

Redaktionsschluß: 2. Oktober 1959

Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin
 · Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik

Lizenz-Nr.: 545/8/60 5/I 1473

VORWORT

Bei Besprechungen des Entwurfes der Wettbewerbsrichtlinien für das Bewerten der van Amateuren gebauten Geräte wurde bemängelt, daß eine Anleitung zum Messen dieser Geräte fehlt. Diese Gerätebeschreibungen geben zwar Schaltbild und Stückliste an und erklären die Funktian der Geräte, erwähnen aber selten die Meßtechnik. Das liegt hauptsächlich daran, daß dem Amateur Meßgeräte nur in geringem Umfang zur Verfügung stehen. Er muß deshalb experimentieren, um zum Ziel zu gelangen. Aus diesem Grunde ist das Meßergebnis sehr aft vam Zufall und van der Ausdauer des Amateurs abhängig.

In dieser Braschüre sall nun der Versuch unternammen werden, alle bei den Amateuren anfallenden Messungen sa zu beschreiben, daß sie zu 90 Prazent mit einem Vielfachmesser (z. B. Multizet) und dem Grid-Dip-Meter mit Zusatzgerät und anderen gebräuchlichen Hilfsmitteln durchgeführt werden können. Nur in einigen Fällen wird auf die in den Klubstatianen der GST varhandenen Meßgeräte verwiesen. Da Messungen, die bei Amateuren anfallen, aft nur wenige Male varkammen, werden einfache Meßverfahren madifiziert und als Impravisatian behandelt. Alle Messungen sind repraduzierbar und ergeben, mit anderen Meßgeräten durchgeführt, die gleichen Resultate.

Bei der Behandlung des Staffes wird immer wieder auf die Bedeutung der Vargänge zur Be- und Auswertung der Meßergebnisse hingewiesen. Alle beschriebenen Verfahren wurden erprabt. Der Verfasser hat jedach diese Kantralle mit hachwertigen Instrumenten durchgeführt, um die Richtigkeit der Überlegungen, die zur beschriebenen Meßmethade führten, zu prüfen.

In dieser Broschüre werden keine Meßgeräte beschrieben, sondern lediglich ihre vielseitige Verwendungsmöglichkeit erläutert. Der besseren Anschaulichkeit halber wurden die Meßverfahren noch an Anwendungsbeispielen behandelt, die der Verfasser besonders ausgewählt hat. Zur Weiterbildung wird die am Schluß genannte Literatur empfohlen.

Berlin, September 1959

F. W. Fußnegger

1. Das Messen

Messen heißt, eine bekannte Größe mit einer unbekannten Größe vergleichen. Allein das Vergleichen genügt nicht. Wenn von zwei Personen die eine größer ist als die andere und diese Tatsache zum Vergleich herangezogen wird, dann werden diese beiden Personen nur verglichen, aber nicht gemessen. Messen heißt demnach genauer „mit einem Normal vergleichen". Das Normal kann beliebig sein. Im angeführten Beispiel kann die eine Person z. B. doppelt so groß sein wie die andere. Es wird dann das Verhältnis der größeren zur kleineren Person gemessen, wobei als Normal willkürlich die Größe der einen Person gewählt wurde. Aber einem Dritten sagt das nichts, wenn er nicht die Dimensionen dieser Größen kennt.

In der Amateurpraxis treten diese Überlegungen recht häufig auf. In der Empfangstechnik z. B. gibt es den Begriff der „Treffsicherheit". Gemeint ist, daß eine Station, die nach Skala eingestellt wird, auch mit dieser Einstellung empfangen werden kann. Hier muß offensichtlich die Bandbreite des Empfängers, z. B. ± 3 kHz, und die Empfangsfrequenz genannt werden. Bei 3 MHz Empfangsfrequenz ist das 0,1 Prozent und bei 30 MHz 0,01 Prozent der Empfangsfrequenz. Der gleiche Wert kann also entsprechend seiner Bezeichnung sehr unterschiedlich sein. Die erste Erkenntnis aus dieser Betrachtung ist: Der gesuchte Meßwert muß bereits vor der Messung definiert sein. Es muß bekannt sein, ob Treffsicherheit oder Abweichung, ob Toleranz oder Konstanz gemessen werden soll usw. Wenn bei dem genannten Beispiel der gesuchte Sender nicht sofort nach dem Einschalten, sondern erst nach einer Einlaufzeit von einer halben Stunde an der vorgesehenen Stelle gefunden wird, dann ist das normal. Jedoch ist bei der Messung darauf Rücksicht zu nehmen. Neben dem Meßwert müssen die Umstände, unter denen gemessen wurde, berücksichtigt werden.

Als eine wichtige Regel für den Amateur gilt:

„Messungen immer unter Betriebsbedingungen durchführen!"

Bei der Bestimmung der Größe der beiden Personen wurde ein Bandmaß benutzt. Damit kännen wir den Durchmesser eines Bohrers mit 3,1 mm Durchmesser nicht mit Sicherheit bestimmen, auch nicht, wenn wir einen Zirkel ader Taster zu Hilfe nehmen. Die Genauigkeit des Bandmaßes ist nicht ausreichend. Wie genau ist nun ein Maß ader ein Meßgerät? Bei dem erwähnten Bandmaß, das nur Zentimeterteilung hat, wird der Fehler etwa einen Millimeter betragen, d. h. ein Zehntel der kleinsten Teilung. Sall bei dem 3,1-mm-Bahrer 0,1 mm gemessen werden, muß die Skala des Meßgerätes mindestens eine 0,1-mm-Teilung besitzen. Der mägliche Fehler, der nur vam Meßgerät her anfallen kann, beträgt dann bei richtigem Messen 0,01 mm. Wird aber eine Schublehre nicht richtig benutzt, z. B. wenn der Bahrer ganz außen an den Meßflächen gemessen und dabei der Schieber mit graßer Kraft zusammengedrückt wird, dann kann auch 2,9 mm abgelesen werden. Nicht nur das Meßgerät, sondern auch die Meßmethade geht in das Ergebnis ein.

Oben wurde erwähnt, daß eine Übertragung des Bahrerdurchmessers auf das Bandmaß mit einem Taster mäglich ist. Aber dieser Taster hat keine Skala und überträgt nur den Meßwert vam Meßabjekt auf das Meßgerät. Es wird alsa in Ermangelung eines geeigneten Meßgerätes durch Meßwertübertragung eine Messung improvisiert.

Wenn bei einem bestimmten Stramdurchgang durch einen Widerstand ein Spannungsabfall gemessen wird, dann kann die Größe dieses Widerstandes auch ahne Widerstandsmeßgerät berechnet werden. Bild 1 zeigt die Schaltung der Gitterseite einer Verdopplerstufe im Sender. Mit dem Widerstand ist ein Gleichstraminstrument in Serie geschaltet. Außerdem kann bei „B" eine Spannungsquelle, z. B. der Abgriff eines Patentiameters, eingeschaltet werden. Die HF-Spitzenspannung kann nun dadurch bestimmt werden, daß der an diesem Widerstand bei dem gemessenen Stram auftretende Spannungsabfall errechnet und zu der an „B"

liegenden Spannung addiert wird. Hier kännen viele Fehler auftreten, besanders durch die Lastabhängigkeit der Varstufe. Besser ist es, das Instrument nur als Indikator zu

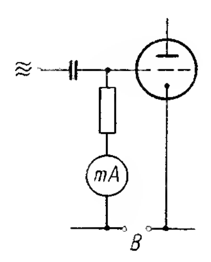


Bild 1. Kompensationsmeßschaltung

benutzen und durch Änderung der Vorspannung die Anzeige gerade zum Verschwinden zu bringen. Die Spannung, die gesucht wird, läßt sich jetzt, ahne daß der Meßwert gefälscht wird, am Abgriff des Patentiameters feststellen. Durch Wahl einer geeigneten Meßmethade kännen die varliegenden Aufgaben gelöst werden.

Wesentlich für die gewählte Meßmethade ist der Meßzweck und die gefarderte Genauigkeit. Sa wird die Heizspannung nur mit dem varhandenen Vielfachinstrument, die Regelspannung im Empfänger nur mit einem hachahmigen Instrument gemessen. Sall ein neuer Sender ader Empfänger gebaut werden, dann werden die berechneten Daten mittels Messen auf den Sallwert gebracht. Als Beispiel mägen die in Bild 2 wiedergegebenen, durch Rechnung ermittelten Werte für die Dimensionierung der Kreise im Spulenrevalver eines Amateurbandempfängers gelten. Es wurden lediglich die Windungszahl der Spulen und die Nebenwellen gemessen. Die erfarderliche Meßgenauigkeit ist nicht allzugraß, denn das Gerät wird zum Schluß abgeglichen. Die Messung var dem Zusammenbau gibt aber die Sicherheit, daß die durch die Berechnung ermittelten Werte auch mit den wirklichen Daten übereinstimmen.

Es sall weiter die Abhängigkeit der Frequenz eines Oszillatars van der Zeit, der Temperatur oder den Versargungs-

Band	Δf/MHz	%	ΔC/pF	%	C_{max}	C_p	C_T	C_{Tanf}	L/Wdg Ø mm	Freq. Neb
80 m	3,45—3,85	11,5	30	25	155	90	—	—	36/0,5	4,8 MHz
80/Oszi	5,95—6,35	6,6	16,8	14	120	60	65	10	20/0,5	7,7 MHz
40	6,97—7,15	2,5	4,25	5,3	80	40	14,5	6,5	24/0,5	4,4 MHz
40 Oszi	9,47—9,65	1,8	2,4	4,0	60	25	9,5	5,2	21/0,5	14,6 MHz
20	13,95—14,4	3,4	3,5	6,6	50	16	13	6,5	15/1,0	24 MHz
20 Oszi	16,45—16,9	2,6	2,2	5,5	40	5,0	9,0	5,2	15/1,0	26 MHz
14	20,9—21,5	2,8	2,0	5,8	35	—	8,25	5,0	12/1,0	—
14 Oszi	23,4—24,0	2,5	1,8	5,2	35	—	7,75	4,5	11/1,0	—
10	27,9—29,8	6,8	4,9	14	35	—	16,5	7	9/1,0	—
10 Oszi	30,4—32,3	6,2	4,4	12,6	35	—	15,0	6,5	9/1,0	—

Bild 2. Rechenwerte zur Bandeinengung

ZF_1 = 2,5 MHz
Drehko (Gehäuse geerdet)
mit 5 pF parallel = 12 pF bis 42 pF
C_{min} = 35 pF
Drehko ΔC = 30 pF

spannungen bestimmt werden. Hier ist eine Meßreihe durchzuführen, mit deren Hilfe man mehrere Meßpunkte erhält, die je nach Aufgabe ausgewertet werden. Die dabei erforderliche Meßgenauigkeit übersteigt gewähnlich die Möglichkeiten der Amateure. Auch hier kännen einfache Mittel helfen, indem mit dem Rundfunkgerät (Bild 3) ein

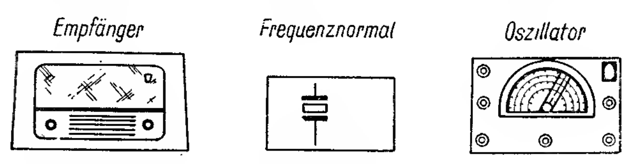


Bild 3. Meßanordnung für Frequenzmessungen

Sender empfangen wird, dessen Frequenz genau bekannt ist. Mit dem Grid-Dipper wird diese Frequenz auf den Oszillatar übertragen und die Veränderung der Oszillatarfrequenz mittels Stimmpfeifen bestimmt. Alle Meßwerte müssen, unter Nennung der Meßbedingungen, aufgeschrieben werden. Denn dann kännen Meßfehler erkannt und spätere Prüfungen zusammen mit diesem „Meßpratakall" durchgeführt werden.

2. Meßgeräte des Amateurs und ihre Funktion

Bereits in der Einleitung wurde gesagt, daß neben einem Vielfachinstrument ein Grid-Dip-Meter mit Hilfsgerät für die Meßaufgaben des Amateurs im wesentlich genügt. Das Vielfachinstrument ist in der Regel ein Drehspulinstrument, das als Strammesser arbeitet. Spannungen werden indirekt über Strammessungen ermittelt, Wechselspannungen und Sträme nach Gleichrichtung angezeigt. Oft sind nach Widerstandsmessungen mäglich. Bild 4 zeigt einen recht brauchbaren Vielfachmesser und Bild 5 die Rückseite dieses Instrumentes mit den Betriebswerten und den Anwendungsvarschriften. Dabei sind besanders die



Bild 4. Vielfachmesser

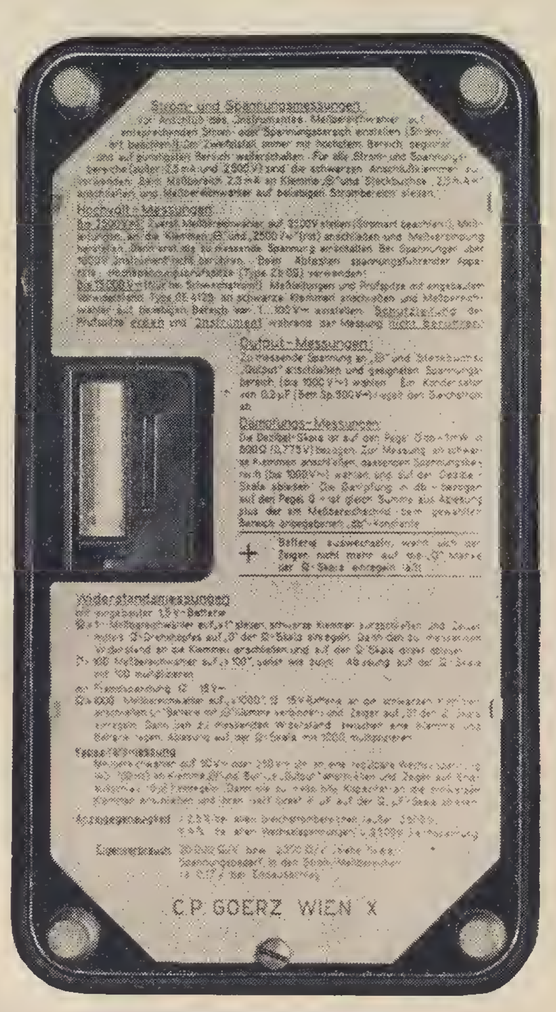


Bild 5. Bedienungsanleitung für Vielfachmesser

Anzeigegenauigkeit und der Eigenverbrauch wichtig. Unter Anzeigegenauigkeit sind 2,5 bzw. 4 Prozent genannt. Um diesen Betrag, bezogen auf den Endwert, kann die Anzeige vom wirklichen Wert abweichen. Wenn 90 V das eine Mal mit dem 100-Volt-Bereich und das andere Mal mit dem 250-Volt-Bereich gemessen werden sollen, dann wird im ersten Falle mit einem Meßfehler von 2,5 V und im zweiten Falle mit einem solchen von 6,25 V zu rechnen sein.

Merke: Immer von hohen Meßbereichen herkommend mit dem kleinstmöglichen Meßbereich messen!

Bei dieser Genauigkeit hat es keinen Zweck, den Ablesefehler durch Spiegelskala klein zu halten, die systembedingten Fehler sind viel größer!

Der Eigenverbrauch des Instruments ist für die Anwendung wichtig. Soll z. B. die Regelspannung eines Empfängers gemessen werden, dann wird ein Instrument mit hohem Eigenverbrauch immer Fehlmessungen geben, da die Regelleitung hochohmig ist.

Merke: Je hochohmiger das Meßobjekt, desto hochohmiger das Meßinstrument.

Soll der Meßfehler nicht über 10 Prozent anwachsen, dann muß der Instrumentenwiderstand über dem 10fachen Wert des Meßobjektes liegen. Der Instrumentenwiderstand wird in Ω/V angegeben. Das bekannte Multizet hat 333 Ω/V und das hier gezeigte Instrument 20 000 Ω/V. Das Multizet hat im 100-V-Bereich 33 000 Ω und das andere 2 000 000 Ω. Da Betriebssicherheit und Anzeigegenauigkeit der hochohmigen Instrumente heute gut sind, empfiehlt es sich, bei Neuanschaffung ein Instrument mit mindestens 10 000 Ω/V zu erwerben.

Ein weiteres sehr nützliches Instrument für den Amateur ist das Grid-Dip-Meter. Bild 6 zeigt dieses Instrument mit drei Spulen. An Hand der Schaltung (Bild 7) soll die Wirkungsweise erläutert werden. Die Röhre „R“ arbeitet mit dem Schwingkreis „L-C“ in Dreipunktschaltung als Oszillator. Die Gitterkatodenstrecke der Röhre wirkt als Gleichrichter, der

mit dem Patentiameter belostet ist. Mit dem Instrument „I" wird der über „P" abfließende Gleichstram gemessen. Die Größe dieses Stromes höngt ob vom Widerstand „P" und

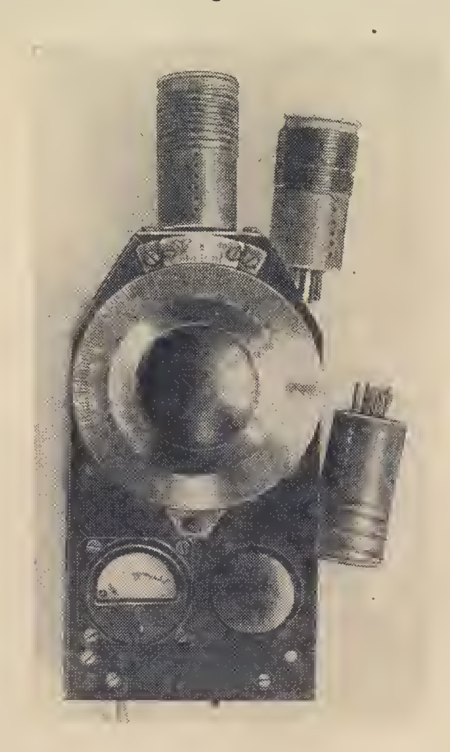


Bild 6. Resometer mit drei Spulen

van der am Kreis stehenden HF-Spannung. Diese wird von den im Kreis wirksamen Verluste beeinflußt. Wenn mit diesem Kreis ein onderer auf die gleiche Frequenz abgestimmter Kreis gekoppelt wird, dann müssen die Verluste des zweiten Kreises vom Grid-Dip-Meter-Kreis mit gedeckt werden. Dadurch wird die Sponnung an „L-C" niedriger

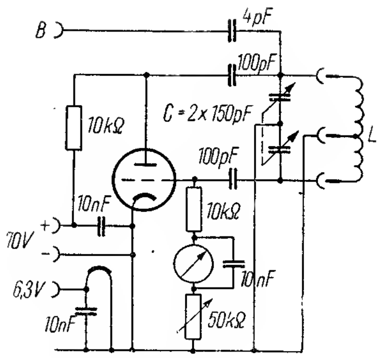


Bild 7. Schaltung des Grid-Dip-Meters

und gleichzeitig damit die Anzeige an „I". Wenn „C" durchgedreht wird und dabei in Resonanz mit dem Meßabjekt kammt, dann geht der Zeigeranschlag van „I" je nach Kapplung um einen bestimmten Wert zurück. Ist „C" geeicht, dann kann die Eigenfrequenz eines Schwingkreises bestimmt werden. Nach Abschalten der Anadenspannung ist es auch möglich, das Gerät als Absarptianswellenmesser zu verwenden. Die Eichung bleibt dabei erhalten. Wird an Stelle van „I" ein Kapfhörer geschaltet, dann kann die Madulatian des eigenen Senders abgehört werden.

Zum Grid-Dip-Meter gehärt das in Bild 8 gezeigte Gerät. Aus Bild 9 ist ersichtlich, daß es sich um einen Schwingkreis mit drei Anschlüssen handelt. Mit diesem Kreis lassen sich

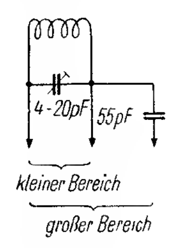


Bild 9. Schaltung des Zusatzgerätes

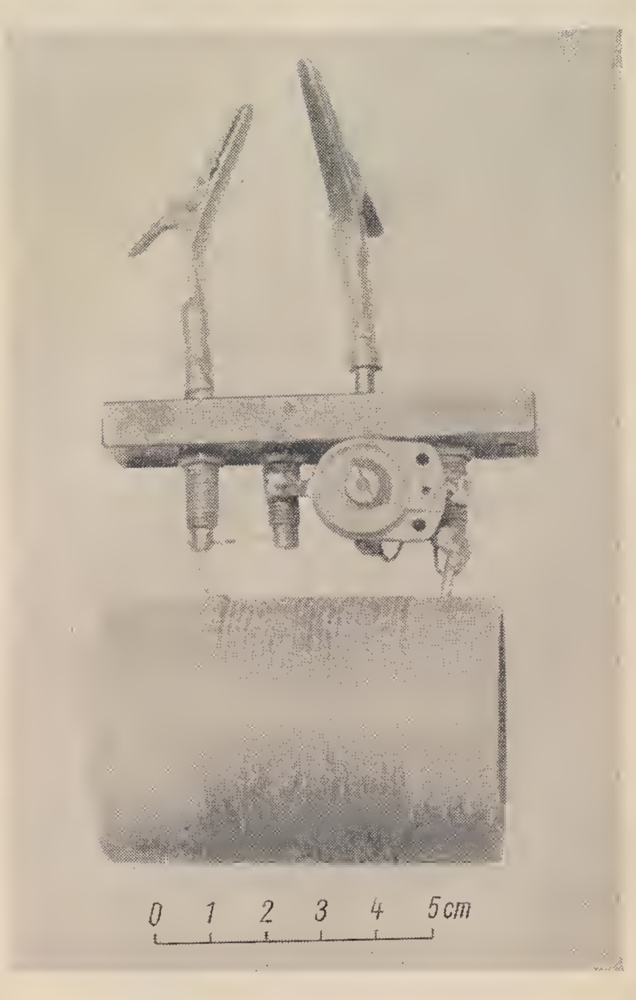


Bild 8. Zusatzgerät

Kapazitäten ziemlich genau messen. Das Verfahren wird später beschrieben.

Für manche Messungen benätigen wir sehr genaue und konstante Frequenzen. Wir verwenden dazu die Frequenzen von Rundfunksendern ader Narmalfrequenzsendern, die wir mit einem narmalen Empfangsgerät aufnehmen und für unsere Zwecke auswerten.

3. Das Herrichten dieser Meßgeräte

Für die fabrikmäßig hergestellten Vielfachinstrumente garantiert der Hersteller bestimmte Genauigkeiten. Deshalb soll man an ihnen nichts ändern. Aber nicht immer sind alle Meßmäglichkeiten, zumindest saweit sie den Amateur interessieren, erfaßt. Oft fehlt die Schaltung zur Messung Ohmscher Widerstände. Es ist einfach, die Anzeige des Instru-

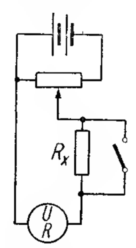


Bild 10. Schaltung zur Widerstandsmessung

mentes für verschiedene vargeschaltete Widerstände zu ermitteln, wenn die Daten des Meßinstrumentes bekannt sind. In der Schaltung (Bild 10) ändert sich die Anzeige des Instrumentes nach Zuschaltung eines unbekannten Widerstandes R_x auf

$$R_x = R_i \left(\frac{U}{U'} - 1\right) [\Omega],$$

wobei R_i der innere Widerstand des Instrumentes, U die ahne Widerstand angezeigte Spannung und U′ die mit an-

geschaltetem R_x angezeigte niedrigere Spannung bedeutet. Zur Anfertigung einer Tafel ader einer Hilfsskala eignet sich die umgestellte Farmel

$$U' = U \frac{R_i}{R_i \cdot R_x} \text{ [Volt].}$$

Die Meßspannung wird je nach gewünschtem Meßbereich und dem inneren Widerstand des verwendeten Instrumentes gewählt. Als Richtwerte kännen die in der falgenden Aufstellung errechneten Anzeigen für ein Valt Meßspannung und verschiedene R_i genammen werden.

R_i	20 000 Ω/V	1000 Ω/V	333 Ω/V
R_x/Ω	Anzeige/V	Anzeige/V	Anzeige/V
100	0,995	0,91	0,77
200	0,991	0,84	0,625
500	0,977	0,66	0,4
1 000	0,954	0,5	0,25
2 000	0,91	0,33	0,143
5 000	0,8	0,166	0,0625
10 000	0,666	0,091	0,0322
20 000	0,5	0,0835	–
50 000	0,286	0,066	–
100 000	0,166	–	–
200 000	0,091	–	–
500 000	0,0385	–	–

Die Erweiterung des Meßbereichs erfalgt durch Änderung der Meßspannung und nach kleineren Widerstandswerten, indem dem Meßinstrument ein geeigneter Festwiderstand parallelgeschaltet wird. Dabei ist zu beachten, daß der im Patentiameter (nach Bild 10) fließende Querstram mäglichst

über 100mal größer ist als der Instrumentstrom plus dem durch den Parallelwiderstand fließenden Strom.

Auch für vorhandene Instrumente können auflegbare Skalenblätter angefertigt werden, die beide Teilungen enthalten, die am Instrument verwendete und die errechnete Ohmskala. Für die Zeichnung eignet sich ein Strahlenkeil nach Bild 11. Dieser Keil läßt sich auch zweckmäßig für Ab-

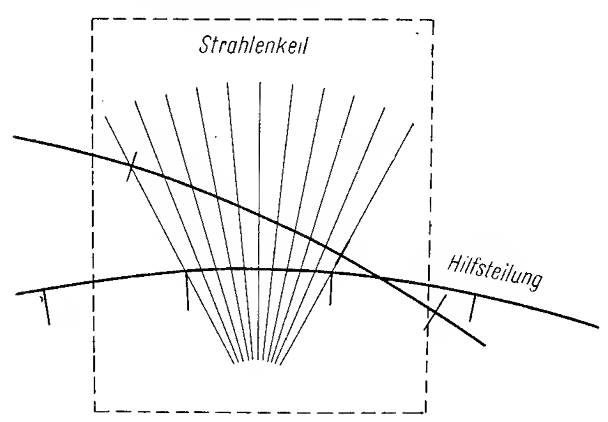


Bild 11. Strahlenkeil

stimmskalen verwenden, so daß sich seine Herstellung lohnt. Für die Praxis des Amateurs genügt aber eine Tafel, ähnlich der obengezeigten, denn ihn interessiert meist nur die Größenordnung der gemessenen Widerstände. Diese haben schon vom Soll-Wert Abweichungen von 5 bis 10 Prozent, so daß es wenig Sinn hat, genauer messen zu wollen.

Die Messung großer Induktivitäten bzw. Kapazitäten erfolgt wie die Messung Ohmscher Widerstände, jedoch mit dem Unterschied, daß als Meßspannung eine Wechselspannung mit 50 Perioden aus dem Netz und als Meßbereich ein entsprechender Wechselspannungsbereich genommen wird.

Über Wechselstrommessung können jedoch diese Werte einfacher ermittelt werden. Das Meßobjekt wird, in Serie

mit dem Wechselstrammesser, an eine bekannte Wechselspannung, z. B. 6,3 V (Heizung), gelegt und nach der Anzeige des Instrumentes der induktive bzw. der kapazitive Widerstand ermittelt. Für diese Zwecke kann falgende Tafel angewendet werden, die die Richtwerte des Strames durch die Kandensatoren und Induktivitäten bei 50 Hz und 6,3 V sawie 220 V gibt.

Blindstramwerte bei L- und C-Messungen

L/Hy	C/μF	mA/6,3 V	mA/220 V	(Blindwiderstand / Ω)
1	10	20	740	300
2	9	10	370	600
3	8	7	245	900
4	7	5,4	183	1200
5	6	4,2	147	1500
6	5	3,5	122	1800
7	4	3,0	105	2100
8	3	2,66	92	2400
9	2	2,3	79	2700
10	1	2,0	74	3000

Es ist zu empfehlen, in den Meßkreis eine Sicherung zu legen. Gut geeignet ist eine Autosaffitte 6 V / 1 A. Gräßere ader kleinere Induktivitäten und Kandensatoren lassen sich nach abiger Tafel auch bestimmen, wenn berücksichtigt wird, daß ein 10mal größeres „C" bzw. 10mal kleineres „L" einen 10mal gräßeren Stram zur Folge hat und umgekehrt.

Die Eichung des Grid-Dippers sollte nach Mäglichkeit mit einem Meßsender in der Klubstatian erfalgen. Ist das nicht mäglich, sa müssen für die Frequenzeichung einige Impravisatianen geschaffen werden. Steht ein alter Einkreis-Rundfunkempfänger zur Verfügung, sa lassen sich mit ihm die erforderlichen Narmalfrequenzen gewinnen. Es ist aber günstiger, ein unselbständiges Frequenznarmal nach Bild 12

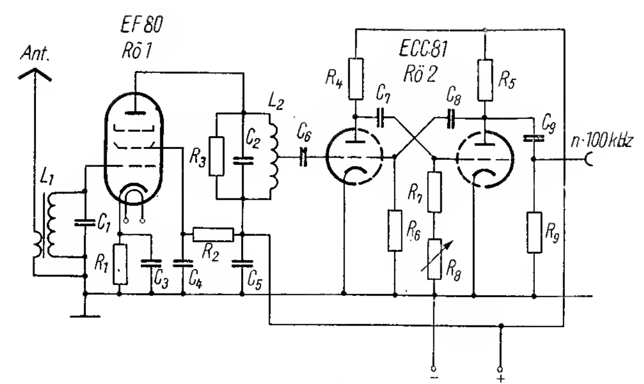


Bild 12. Unselbständiges Frequenznormal

zu schalten, das eine genaue Rundfunkfrequenz für unsere Meßzwecke auswertet. Gern wird dazu die Frequenz van Draitwich I, einer englischen Statian, die mit 400 kW auf 200 kHz mit einer Genauigkeit van $1 \cdot 10^{-8}$ arbeitet, benutzt; diese 200 kHz werden empfangen und mittels Frequenzteilung auf 100 kHz gebracht. Durch Verzerrung ergeben sich Oberwellen van 100 kHz Abstand, die auch nach bei 30 MHz deutliche Signale in unserem Empfänger ergeben. Es kann auch ein Quarz mit einer geeigneten Frequenz verwendet werden (Bild 13). Diese Stufe sallte in das Empfangsgerät zur laufenden Frequenzkantrolle fest eingebaut werden.

Das Verfahren ist etwa falgendes: Sallen Eichkurven für das Grid-Dip-Meter (nach Bild 6) gefertigt werden, dann

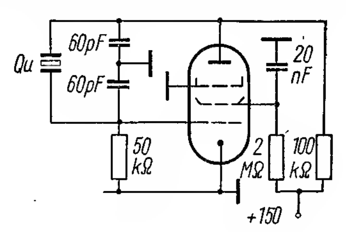


Bild 13. Quarzstufe – selbständiges Frequenznormal

wird auf dem Kurzwellenbereich eines Rundfunkempfängers das Signal unseres Normalfrequenzgerätes (nach Bild 12 oder Bild 13) empfangen und dieses Signal mit dem Signal des Grid-Dippers überlagert. Der entstehende Schwebungston wird auf Null Hz gebracht. Bei sehr stabilem Aufbau und niedriger Frequenz können wir zur Nullkontrolle das magische Auge des Empfängers benutzen. Die Meßgenauigkeit wird dann sehr hoch. Der KW-Bereich der Rundfunkgeräte reicht aber in der Regel nur von 6 MHz bis 10 oder 12 MHz. Die Meßbereiche des Grid-Dippers sollten aber von 3,5 MHz bis 7,3 MHz, von 6,9 MHz bis 14,5 MHz und von 13,9 MHz bis 30,5 MHz genommen werden. Der erste Bereich wird zwar nur etwa zur Hälfte im Rundfunkgerät erfaßt, da aber das Grid-Dip-Meter Oberwellen abstrahlt, ist die 3,5-MHz-Frequenz auch auf 7 MHz als Oberwelle vorhanden und im Empfänger aufzunehmen.

Die Eichung wird in zwei Etappen durchgeführt. Zuerst werden die einzelnen Meßbereiche hingetrimmt, indem durch Korrektur der Windungszahlen der Spulen das niederfrequente und durch Parallelkondensator zum Abstimmkondensator das hochfrequente Meßbereichsende festgelegt wird. Diese Messung kann überschlägig sein, in jedem Bereich sollte man aber zwei Amateurbänder erfassen. Danach werden Eichkurven angefertigt. Wichtig ist besonders der erste Bereich von 3,5 MHz bis 7,3 MHz, denn mit diesem Bereich mißt man auch Kapazitäten von 2 pF bis 2000 pF. Diese Eichung kann auch ohne Normalfrequenzgerät und ohne Quarz durchgeführt werden, indem man durch Überlagerung der Grid-Dip-Meter-Strahlung mit der Sendung von Kurzwellen-Rundfunksendern die einzelnen Eichpunkte feststellt. Die größte Schwierigkeit bereitet dabei die Identifizierung des jeweiligen Senders. Aus einer Tabelle wird die Frequenz des Senders entnommen. Die einzelnen Daten werden in einem Kurvenblatt festgehalten. Liegt ein Fehler bei der Bestimmung des Senders oder der Frequenz vor, dann ist dies sofort an dem Zickzackverlauf der Kurve festzustellen. Zu beachten ist jedoch, daß bei der Eichung das Grid-Dip-Meter bereits 15 Minuten eingelaufen sein muß. Der erste Bereich soll möglichst genau sein, ein

Hundertstel läßt sich erreichen, damit später bei „C"-Messungen eine möglichst große Meßgenauigkeit erzielt wird.

Bei den anderen beiden Meßbereichen sind besonders die Endstellungen der Bänder so genau wie möglich zu eichen. Auch hier genügt zunächst eine vorläufige Eichung. Später, wenn die Steuerstufe des Senders geeicht ist oder die Skala des Empfängers stimmt, wird die Eichung berichtigt. Bei der Eichung des ersten Bereiches wurde die Genauigkeit der Skaleneichung an unserem Empfänger festgestellt, so daß zumindest der zweite Bereich nach dem Empfänger direkt geeicht werden kann. Mit einem Einkreisempfänger ist es auch möglich, im Kurzwellenbereich einen bekannten Rundfunksender anzupfeifen und die dabei auftretende Harmonische im Grid-Dipper abzuhören und als Eichpunkt zu nehmen. Bild 14 zeigt die Kurven mit drei Meßbereichen,

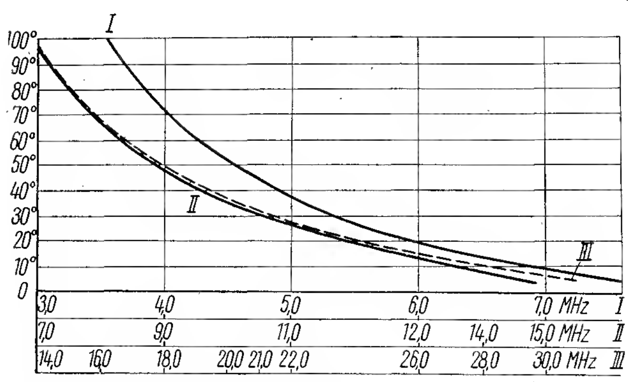


Bild 14. Eichkurve des Grid-Dip-Meters

die vom Verfasser nach dem vorbeschriebenen Verfahren aufgenommen wurden.

In den Bildern 8 und 9 wurde auf einen Zusatz zum Grid-Dip-Meter aufmerksam gemacht, mit dem die Messung von kleinen Kondensatoren zwischen 2 pF und 2000 pF möglich

ist. Die Eichung dieses Zusatzgerätes erfalgt mit einer Anzahl bekannter, mäglichst genauer Kandensataren. Bild 15 zeigt, daß die Meßgenauigkeit über den Verlauf des ganzen

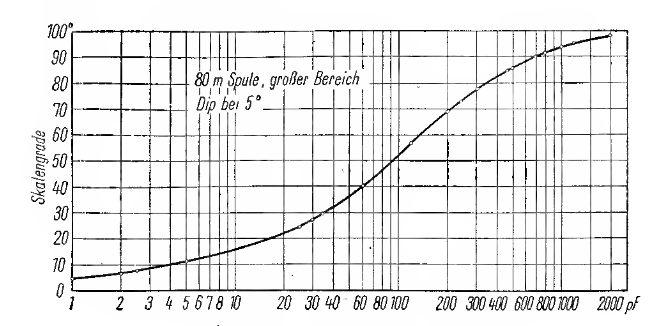


Bild 15. Eichkurve des Zusatzgerätes — großer Bereich

Meßbereiches gut ist. Dieses Gerät ist besanders wichtig und sallte als fester Bestandteil des Grid-Dip-Meters bei jeder Statian varhanden sein.

4. Die Anwendung von Meßgeräten

Pflegliche Behandlung der Geräte wird als selbstverständlich varausgesetzt. Jedes Fallenlassen ader harte Aufsetzen gefährdet die feinen Drehspulenmeßwerke, ebensa Überlastung durch Einstellen eines falschen Meßbereiches.

M e r k e : Immer mit dem hächsten Meßbereich beginnen und besanders in der Anwendung der Strommeßbereiche varsichtig sein.

Das gilt insbesondere für die Wechselstrombereiche, die direkt aus dem Netz ader über einen Trafa hahe Sträme ziehen kännen. Merke weiter, daß bei allen Messungen die Meßfehler am Ende der Skala am kleinsten sind und daher mäglichst im aberen Drittel zu messen ist. Das gilt nicht für das Grid-Dip-Meter, dart ist die Meßgenauigkeit nur van

der Eichgenauigkeit, der Ablesegenauigkeit und der Anwendung abhängig. Wenn die Messungen immer in der gleichen Art durchgeführt werden, so liegen die auftretenden Fehler ähnlich und werden bereits durch die Eichung erfaßt.

Es ist wichtig, bei der Messung die Kopplung mit dem Meßobjekt so vorzunehmen, daß die Anzeige am Instrument immer den gleichen Wert hat und um den gleichen Betrag zurückgeht. Der Rückgang soll höchstens ein Zehntel des Vollausschlages betragen. Wird dieser Ratschlag berücksichtigt und werden die Betriebsspannungen stabil gehalten, dann ist die Meßgenauigkeit besser als $1 \cdot 10^{-3}$ und damit für unsere Zwecke ausreichend. Die Kontrolle der Meßgenauigkeit erfolgt, indem man mit dem Grid-Dip-Meter einen Kurzwellensender überlagert, sich die Einstellung merkt und dann den Lautstärkeregler am Rundfunkgerät zudreht. Darauf wird das Grid-Dip-Meter verstimmt und neu auf die gemerkte Einstellung gebracht. Jetzt kann der Lautstärkeregler wieder aufgedreht und die Größe des Einstellfehlers festgestellt werden. Diese Übung sollte einige Male wiederholt werden.

Die verschiedenen Röhren und die Dimensionierung der Schaltung beeinflussen häufig die Frequenzkonstanz des Grid-Dip-Meters und anderer Schwingschaltungen. Meist ist bei mit kleiner Leistung und reichlich dimensionierten Schwingkreisen betriebenen Oszillatoren die Abhängigkeit der Frequenz von der Anodenspannung nicht so erheblich, wie angenommen wird. Bei dem hier beschriebenen Gerät ändert sich die Frequenz der Erhöhung oder Verminderung der Anodenspannung von 210 V auf 280 V bzw. 140 V, bezogen auf 1 MHz, um ∓ 120 Hz, bei Regelung des Gitterwiderstandes um etwa 2000 Hz/MHz und bei Änderung der Heizspannung von 12,6 auf 6,3 V um 50 Hz. Als Oszillatorröhre wird eine LD 2 benutzt. Andere Röhren sind mit ihren Arbeitspunkten sehr stark von der Heizspannung abhängig, so daß kleine Änderungen der Heizspannung bereits zu erheblichen Frequenzverwerfungen führen. Das kann man leicht feststellen, wenn während des Betriebes die Heizung unterbrochen wird. In der Regel, besonders bei modernen

Röhren, wird dann der Überlagerungston im Rundfunkgerät schnell hochlaufen und aus dem Hörbereich herausfallen. Für diese Kontrollen überlagert man über einen Rundfunksender bei 50 m gleich 6 MHz. Oft ergibt sich eine wesentliche Besserung, wenn die Oszillatorröhre mit Unterspannung geheizt wird. Größere Widerstände können oft in den Heizkreis gelegt werden, ohne daß die Schwingungen aussetzen. Die Frequenzstabilität kann auf diese Weise erheblich verbessert werden. Auch eine Kombination von Mit- und Gegenkopplung, ähnlich der in der Einkreisschaltung des Abschnitts 13 angewendeten, verbessert die Stabilität erheblich, bedeutet aber gleichzeitig eine Komplizierung und wird aus diesem Grunde bei Grid-Dip-Metern kaum angewendet. Jedenfalls lassen sich, wenn die genannten Hinweise beachtet werden, recht gute Meßresultate erzielen.

Bei der Messung mit dem Zusatzgerät zur Kapazitätsmessung muß besonders auf immer gleich großen Zeigerrückgang am Anzeigeinstrument geachtet werden, obwohl hier der Fehler nicht so sehr ins Gewicht fällt wie bei der Frequenzmessung. Die Eichung erfolgt mit einer Anzahl Kondensatoren bekannter Kapazitätswerte und geeigneter Größe. Mit fünf bis zehn Eichpunkten läßt sich bereits eine brauchbare Eichkurve zeichnen. Der kleine Trimmer des Gerätes dient dazu – besonders bei der Messung kleiner Kapazitäten –, den Nullpunkt der Kurve mit der Skala des Grid-Dippers in Übereinstimmung zu bringen. Im vorliegenden Fall wurde mit diesem Trimmer und offenen Klemmen bei fünf Skalengrad Resonanz hergestellt. Vor jeder Messung wird diese Einstellung geprüft und nachgestellt. Dadurch lassen sich ziemlich genaue Meßwerte erreichen.

5. Messung von Gleichspannungen, Gleichströmen und Ohmschen Widerständen

Für diese Messungen verwenden wir ein gekauftes Instrument laut Bedienungsanleitung. Bei Spannungsmessungen ist hierbei zu berücksichtigen, daß die normal verwendeten Drehspulinstrumente Strommesser und keine Spannungs-

messer sind. Es wird also nicht die Spannung gemessen, sondern der Strom, der durch einen Widerstand hindurchgeht. Die Anzeige erfolgt in Volt. Im Meßkreis fließt immer ein mehr oder weniger großer Strom, der bei hochohmigen Meßobjekten zu erheblichen Fehlmessungen führen kann. Zum Messen von Regelspannungen dürfen daher nur hochohmige Instrumente benutzt werden, oder es muß indirekt gemessen werden.

Mit Änderung der Gittervorspannung, und die Regelspannung ist ja eine Gitterspannungsänderung, ändert sich auch der Anodenstrom der Röhre. Wenn nun die Regelleitung zum Gitter abgeklemmt wird und an Stelle der Regelspannung eine regelbare Gleichspannung aus einer Batterie über ein Potentiometer dem Gitter zugeführt wird, dann kann durch Messen des Anodenstromes seine Abhängigkeit von der Gitterspannung festgestellt werden. Steht nur ein Instrument zur Verfügung, dann wird am Potentiometer eine einfache Skala, auf der die Spannungen vermerkt werden, befestigt. Danach wird das Instrument in den Anodenkreis geschaltet und der Anodenstrom bei den verschiedenen Spannungsmarken am Potentiometer gemessen. Jetzt wird die Regelspannung wieder angeschaltet und die auftretenden Regelspannungen an Hand der aufgestellten Tabelle festgestellt. Die Messung ist nicht sehr genau, genügt jedoch für den Amateur.

Beim Messen von Strömen an Stromquellen mit niederer Spannung muß berücksichtigt werden, daß dabei am Instrument ein kleiner Spannungsabfall auftritt. Beim Multizet liegt dieser in der Größenordnung von 0,05 V.

6. Messen von Wechselspannungen und -strömen

Wechselspannungen und -ströme mißt der Amateur wohl immer unter Annahme einer Sinusform. Wo diese Bedingung nicht erfüllt ist, werden mehr oder weniger große Meßfehler auftreten. Weiter unterscheiden sich in der Praxis Niederfrequenz- und Hochfrequenzmessungen.
Niederfrequenzspannungen werden mit dem Vielfachmesser nach den bereits genannten Verfahren gemessen. Vom

hahen Spannungsbereich her wird nach den niederen Bereichen gescholtet, bis die Anzeige im aberen Drittel der Skala erfolgt. Der innere Widerstand der Instrumente ist gewähnlich bei Wechselstram-Spannungsmessungen kleiner als bei Gleichstram-Spannungsmeßbereichen. Dos ist zu beachten, wenn ouch bei Wechselstram-Sponnungsmessungen hochahmige Meßobjekte seltener ouftreten als bei Gleichstram-Spannungsmessungen. Sall jedoch die Anaden-Wechselspannung an einem Widerstandsverstärker gemessen werden, sa wird die Gitterspannung der falgenden Rähre regelbar über ein Potentiometer aus einer Batterie zugeführt. Der Katadenwiderstand der falgenden Rähre wird kurzgeschlassen und das Potentiameter, wie unter Gleichstrammessung beschrieben, spannungsgeeicht. In die Verbindung zwischen Gitterwiderstand und Patentiometerschleifer wird unser Instrument mit dem kleinsten Stramader Spannungsbereich geschaltet. Bei der Messung wird nun, beginnend mit der negativen Spannung, die Gittervarspannung om Patentiometer sa lange verändert, bis sich am Instrument ein Ausschlog zeigt. Die dabei am Potentiameter eingestellte Spannung wird natiert und darauf die Ansteuerung, d. h. die Wechselspannung, abgescholtet. Jetzt wird die Gitterspannung sa lange weiter erniedrigt, bis erneut ein Ausschlag am Instrument festzustellen ist. Das dürfte bei etwa 0,5 Volt sein. Dieser sagenannte Schwanzstram beginnt etwa bei der abengenannten Spannung zu fließen. Diese Spannung muß nun van der bei der Wechselstram-Spannungsmessung om Potentiometer abgelesenen Spannung abgezagen werden. Das Ergebnis ist der Wert der Wechselstram-Spitzenspannung und muß, um zu dem üblichen Effektivwert zu kammen, noch mit 0,7 multipliziert werden (Kampensatiansmessung). Stehen zwei Instrumente zur Verfügung, sa erübrigt sich die Eichung des Patentiameters. Diese Meßmethade ist recht genau und auch für Hachfrequenzmessungen geeignet. Am Sender haben wir außerdem im Gitterkreis der Endstufe ein Instrument zur Messung des Gitterstrames. Damit können, wenn ihm die Gitterspannung regelbar zugeführt wird, diese Messungen durchgeführt werden. Später erläutern wir weitere Anwendungen.

Niederfrequenzströme können auch mit dem Vielfachmesser gemessen werden. Dabei ist zu beachten, daß bei der NF-Strom-Messung ein Spannungsabfall von etwa 0,5 Volt am Instrument auftritt. Aus diesem Grunde sind bei modernen Instrumenten oft keine Meßbereiche für Wechselstrom vorhanden. Die Heizung der Röhren wird über die Spannungsmessung geprüft, und im Bereich der Tonfrequenzen kommen wohl immer Leistungsmessungen vor. Das Fehlen der Wechselstrom-Meßbereiche wirkt daher nicht störend. Unberücksichtigt bleibt dabei allerdings die obengenannte „C"- und „L"-Messung, die entfallen müßte. Zur Messung von HF-Spannungen eignet sich besonders die unter der Kompensationsmessung am Gitter einer Röhre beschriebene Anordnung. Diese Messung ist sehr genau und für alle bei Amateuren auftretenden Frequenzen geeignet. Hier empfiehlt es sich, den Tastkopf nach Bild 16 a anzufertigen und an unseren Vielfachmesser zu schalten.

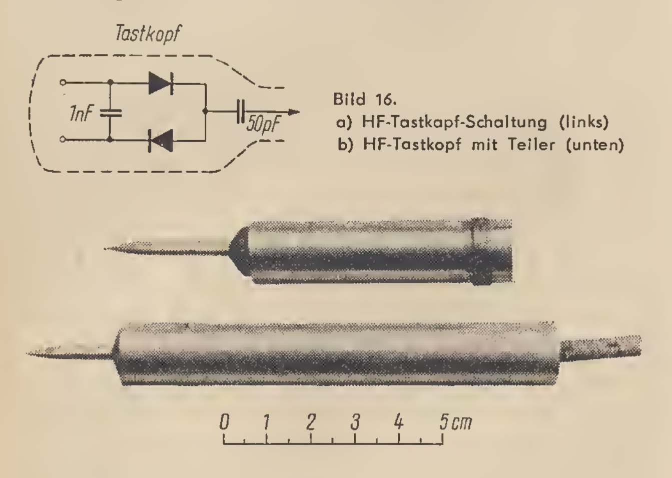


Bild 16.
a) HF-Tastkopf-Schaltung (links)
b) HF-Tastkopf mit Teiler (unten)

Der Meßbereich dieses Tastkopfes ist mit etwa 30 V begrenzt. Der niedrigste brauchbare Bereich liegt bei 1 V. Wenn Spannungen über 30 V zu messen sind, dann eignet sich gut ein kapazitiver Spannungsteiler, z. B. 1 : 10. Der

innere Widerstand dieses Tastkopfes liegt, je nach dem inneren Widerstand des verwendeten Instrumentes, so hoch, daß er den Ansprüchen der Amateure immer genügt. Wenn z. B. mit einem Instrument mit 20 000 Ω/V gemessen wird, dann ist der innere Widerstand der Anordnung entsprechend. Wird keine genaue Messung gebraucht, dann ist zu beachten, daß die am Meßkopf gemessene Spannung etwa doppelt so hoch ist wie der Meßwert. Beträgt also die Anzeige unseres Instrumentes 3 Volt, dann liegt am Meßkopf eine HF-Spannung von etwa 1,5 V. Der Meßfehler liegt innerhalb 15 Prozent. Dabei ist wichtig zu wissen, daß der Meßkopf für den Meßkreis eine kapazitive Belastung darstellt. Im 30-V-Bereich sind das etwa 8 pF und im 300-V-Bereich 18 pF. Bei der Messung ist diese Kapazität zu berücksichtigen. Die Klemmen des Meßinstrumentes werden bei der Anschaltung des Meßkopfes mit 2 · 10 nF in Serie überbrückt und die Mitte dieser beiden Kondensatoren mit dem Erdpunkt des Meßobjektes verbunden. Werden Messungen an Antennen oder ähnlichen Meßobjekten ohne eigene Erdung durchgeführt, dann ist diese „C"-Mitte zu erden. Um die Instrumentenanzeige ruhiger zu machen, kann das Instrument noch mit etwa 1 µF überbrückt werden. Bei der Messung von amplitudenmodulierten Spannungen bleibt dann der Zeiger weitgehend ruhig. Ohne diesen Kondensator können die Zeiger wenig gedämpfter Meßwerke recht unruhig sein. Bild 16 b zeigt den ausgeführten Meßkopf mit Teiler.

HF-Strommessungen kommen meist nur als Antennenstrommessungen vor. Dazu beschafft sich der Amateur einen Ringübertrager mit Gleichrichter und ein geeignetes Instrument. Diese sogenannte Antennenstrommessung ist aber mehr eine quantitative Anzeige als eine Messung. Gerade der Antennenstrom kann so große Blindanteile haben, daß eine genaue Kenntnis des fließenden Stromes ohne Kennen dieser Blindwerte und deren Phasenlage wertlos ist.

An Stelle der vergleichenden Messung über den Übertrager kann ohne weiteres eine Meßanordnung, die der im obenbeschriebenen Tastkopf ähnlich ist, benutzt werden. Dabei muß allerdings dem Tastkopf ein genügend hoch-

ahmiger Widerstand vargeschaltet sein. Wird einmal eine HF-Strommessung natwendig, dann sallte sie auf eine Spannungsmessung zurückgeführt werden. Dazu wird in dem Meßkreis ein kleiner induktians- und kapazitätslaser Widerstand eingeschaltet und daran der Spannungsabfall gemessen. Über das Ohmsche Gesetz läßt sich dann der Stram ausrechnen. Bei all diesen Messungen wird immer ein phasenreiner HF-Kreis varausgesetzt. Diese Bedingung ist erfüllt, salange der Meßkreis auf Resonanz abgestimmt bleibt. Ist der Meßkreis relativ hachahmig, so daß durch die Einschaltung des Widerstandes die Betriebswerte stark beeinflußt werden, sa ist die Messung mit zwei verschieden graßen Widerständen durchzuführen und auf den widerstandslasen Wert zurückzurechnen. Wenn z. B. einmal an 10 Ω 1 V und dann an 20 Ω 2 V Spannungsabfall gemessen werden, dann fließen 0,1 A HF. Werden aber im ersten Falle 1,2 V und im zweiten Falle 2 V gemessen, dann ist der Stram bei 10 Ω Last 120 mA gegen 100 mA bei 20 Ω, und es ist anzunehmen, daß der Stram ohne Widerstand bei 140 mA liegt. Da der Sprung van 10 auf 20 Ω 20 mA ausmacht, beträgt die Stramänderung bei 10-Ω-Änderung 20 mA. Dieses Verfahren ist für den Amateur ausreichend.

7. Messen von Gleich- und Wechselstromleistungen

Gleichstramleistungen werden, saweit es sich um Messungen der Amateure handelt, wahl immer auf Stram- und Spannungsmessungen zurückgeführt. Sa wird die Anadeneingangsleistung der Senderendstufe aus der Anadenspannung und dem Anadenstram bestimmt, ein Verfahren, das jeder Amateur beherrscht.

Das Messen van Wechselstramleistungen wird wieder nach NF- und HF-Messungen getrennt. NF-Leistungen werden an bekannten Belastungswiderständen, z. B. 600 Ω in der Fernmeldetechnik, gemessen. Sie werden als Pegelmessungen durchgeführt, d. h., es wird als Ausgangspunkt 1 mW genammen. Diese Leistung wird an einem Widerstand van 600 Ω vernichtet, wenn an dessen Klemmen eine Spannung

van 0,775 V abfällt. Die Messung erfalgt in Neper oder, wie in der drahtlasen Technik üblich, in Dezibel (dB). 20 dB sind immer 10mal hähere Spannung, Leistung usw. Dabei entsprechen 8,5 dB etwa einem Neper (Faustregel!). 40 dB wäre demnach 10^2fach hähere, 60 dB 10^3fach höhere Spannung. Unter der Voraussetzung feststehender Widerstände lassen sich Wechselstramleistungen einfach durch eine Spannungs- oder Strommessung und Ausrechnung der Leistung bestimmen, wenn die Leistung phasenrein ist. Aus diesem Grunde ist es mäglich, auf den Skalen der Wechselspannungs-Meßbereiche der Vielfachinstrumente die Werte der NF-Leistung in dB anzugeben. Bei der Messung wird zwischen die Instrumentklemmen ein induktionsfreier Widerstand van 600 Ω geschaltet, das Ablesen kann dann an der entsprechenden Instrumentskala erfalgen. In der Praxis wird nach in eine Instrumentzuleitung ein Kandensatar mit 1 µF geschaltet, um Gleichspannungen vam Meßwerk fernzuhalten. Natürlich werden diese Schaltungen alle im Instrument bei der Umschaltung ader durch Benutzen einer gesanderten Anschlußbuchse für Pegelmessungen vargenammen.

Das Messen der Leistung bei NF- und beliebigen Widerständen ist besanders beim Messen der Ausgangsleistung van Madulatiansverstärkern van Interesse. Da diese Messungen mit Klirrgradmessungen verbunden werden müssen, kammt für den Amateur nur ein arientierendes Messen in Frage. Bei kleineren Leistungen wird das Meßobjekt mit dem für den Narmalbetrieb vargesehenen Lastwiderstand belastet und der Spannungsabfall gemessen. Die Berechnung der Leistung ist dann einfach. Bei gräßeren Leistungen werden zur Belastung geeignete Glühlampen verwendet und deren Leistung mit der Helligkeit einer gleichartigen Lampe, die an einer gesanderten Stramquelle betrieben und deren Leistungsaufnahme durch Spannungs- und Strammessung bestimmt wird, verglichen. Damit die Vergleichslampe auf die Helligkeit der im Meßkreis liegenden Lampen gebracht werden kann, wird sie in Serie mit einem regelbaren Widerstand geschaltet. Oft genügt es, diesen Regelwiderstand einmal mit der Lampe zusammenzueichen, um zu aus-

reichenden Meßresultaten zu gelangen. Die Anordnung wird in der Praxis in die Netz- oder Heizleitung eines unserer Geräte eingeschaltet, die durch die Laständerung konstant bleiben. Der Ohmsche Widerstand des Reglers wird bei einigen Skalenpunkten bestimmt und der Spannungsabfall nach Anschalten der Lampe bei den verschiedenen Regelstellungen am Widerstand oder an der Lampe gemessen. Da der jeweilige Widerstand bekannt ist, lassen sich die Leistungen über den gesamten Meßbereich mit einem Instrument feststellen. Für diese Messungen eignen sich für hochohmige Objekte besondere Soffittenlampen, für niederohmige Meßobjekte Autosoffitten. Diese fotometrische Meßmethode ist über einen sehr großen Frequenzbereich mit Genauigkeit anzuwenden und benötigt keine besonderen Hilfsmittel.

Leistungsmessungen von Hochfrequenz sind, wenn alle Faktoren berücksichtigt werden sollen, nicht einfach. Es gibt eine große Anzahl Meßverfahren, die HF-Leistungsmessungen unter Berücksichtigung der Phasenlage zwischen Strom und Spannung und der Welligkeit, z. B. der angeschlossenen Kabel, ermöglichen. Bei den Messungen des Amateurs sind jedoch auch hier mehr orientierende Werte erforderlich. Den Amateur interessiert vor allem, ob seine Endstufe richtig dimensioniert ist und ob die HF nicht an der Antennenbuchse vorbeigeht. Ohne Messen ist hier die Fehlerbeseitigung eine langwierige Angelegenheit.

Leistungsmessungen bei kleinen Leistungen sollen, ähnlich wie bei NF-Messungen, über eine Bestimmung des Spannungsabfalles an einem Widerstand durchgeführt werden. Solche Messungen kommen aber kaum vor. Häufig ist jedoch das Messen der Senderausgangsleistung erforderlich. Auch hier eignet sich die bei der NF-Leistungsmessung angegebene fotometrische Messung vorzüglich. Neben einem Antennenstrominstrument werden einige Soffitten so am Sender angeordnet, daß jederzeit die Sender-HF-Leistung bestimmt werden kann. Bei 70-W-Nenn-Hochfrequenz der Endstufe und 70-Ω-Kabel zur Versorgung der Antenne eignen sich sehr gut 6 Lampen mit 12 V/1 A. Leuchten diese Lampen voll auf, dann verbrauchen sie 72 W. Die gleichartige Ver-

gleichslampe wird aus dem Heizkreis über einen Regelwiderstand gespeist. Wer einmal seinen Sender mit dieser Meßeinrichtung abgestimmt hat, lernt sehr schnell die verschiedenen Einflüsse auf die Leistung kennen.

8. Messungen an Kapazitäten

Über Kapazitätsmessungen ist bereits das Wesentliche gesagt warden. Die Messung graßer Kandensatoren erfolgt am besten mit Wechselstram über eine Blindwiderstandsmessung mit dem Vielfachmesser. Beim Messen von Elektralytkandensataren darf nicht vergessen werden, an den Kandensatar eine Gleichspannung zu legen. Die Wechselspannung muß dann natürlich über einen im Verhältnis zum Meßabjekt großen Kondensatar zugeführt werden. Da der Kapazitätswert dieser Kandensataren sehr stark von der Temperatur der angelegten Frequenz und vam Farmierungszustand abhängt, die sich während des Betriebes z. T. ändern, ist die Messung dieser Kapazität nicht sa wesentlich und wird daher kaum van Amateuren durchgeführt. Ist diese Messung jedach einmal erfarderlich, dann kann der zu messende Kandensatar, mit einem Kandensatar bekannter Größe in Serie geschaltet, in die Eingangsseite der Siebkette der Anadenstramversargung im Empfänger geschaltet werden. Für die Zeit der Messung wird der meist varhandene Ladekandensatar abgeschaltet. Die beiden Kandensataren werden jeweils mit einem Widerstand von etwa 0,1 MΩ überbrückt, damit die Gleichspannungen an ihnen etwas kanstant bleiben. Jetzt wird mit dem Spannungsmeßbereich des Vielfachmessers die Wechselspannung an beiden Kandensataren gemessen. Die beiden Kapazitäten verhalten sich dem Spannungsverhältnis gegenüber umgekehrt prapartianal. Da eine van ihnen bekannt ist, kann die andere errechnet werden. Dem Vielfachmesser ist bei dieser Messung ein 1-µF-Kandensatar (kein Elektralyt!) vorzuschalten, damit die Gleichspannung des Meßkreises den Meßwert nicht beeinflußt. Außerdem empfiehlt es sich, den Gleichrichter zu belasten. Dadurch ergibt der für die Mes-

sung benutzte Wechselstromanteil des pulsierenden Gleichstromes hinter dem Gleichrichter und vor der Siebdrassel am Meßgerät auch bei größeren Kapazitätsunterschieden des zu messenden und des Vergleichskondensators noch brauchbare Anzeigen. Als Vergleichskondensator eignet sich gut ein Papierkondensator von etwa 4 µF. Wenn der Ladekondensator abgeschaltet ist, dann wird der Wechselspannungsteil, den das Instrument anzeigt, bei etwa 50 V liegen. Beim Messen wird man feststellen, daß die gemessenen Kapazitätswerte etwa 20 Prozent über dem Nennwert liegen. Da aber die Kapazität im Betrieb gewöhnlich niedriger ist (Wärme- und Spannungseinflüsse), werden vom Herstellerwerk die Kondensatoren größer dimensioniert, um die Kapazitätsnennwerte unter allen Betriebsverhältnissen zu halten.

Beim Messen von Elektrolytkondensatoren ist es wichtig, den sogenannten Leckstrom zu kennen. In Betrieb befindliche Kondensatoren lassen einen kleinen Strom durchfließen, der als Verlustleistung im Kondensator in Wärme umgesetzt wird. Nach längerer Betriebspause des Kondensators ist dieser Verluststrom besonders hoch. Dann wird die Messung des Verluststromes mit einer Formierung verbunden. Solche Kondensatoren werden unter Beachtung der richtigen Polung an eine Gleichspannung gelegt, die erheblich unter der Nennspannung liegt. Das Vielfachinstrument wird mit dem Kondensator in Serie gelegt und der durchfließende Gleichstrom gemessen.

M e r k e : Bei dieser Messung immer von dem größten Strommeßbereich her herunterschalten!

Das ist besonders wichtig, da der Ladestromstoß sonst das Instrument beschädigen kann. Wenn sich der Kondensator formiert, dann wird die Anzeige des Instrumentes langsam zurückgehen, so daß bereits nach einigen Minuten der kleinste Strommeßbereich eingeschaltet werden kann. Nach etwa 10 Minuten wird der gleiche Vorgang mit einer Gleichspannung wiederholt, die bei 80 Prozent der Nennspannung liegen kann. Nachdem auch hier der Strom auf ein Minimum zurückgegangen ist und sich, abgesehen von kleinen Schwankungen, nicht mehr wesentlich ändert (nach etwa

15 bis 25 Minuten), wird der Leckstrom gemessen. Dieser Leckstrom darf nach DIN 41 332 bei 20° C 0,5 µA je µF und V nicht übersteigen. Wenn am Kondensator bei unserer Messung 30 V liegen und er eine Kapazität von 32 µF hat, dann darf der Leckstrom 300 · 32 · 0,5 µA oder 4,8 mA betragen. Dieser Wert wird von guten Kondensatoren meist erheblich unterschritten. Diese Messung ist deshalb von Bedeutung, da Kondensatoren mit zu hohem Leckstrom warm werden und bereits bei 50° C den dreifachen Leckstrom durchlassen. Das führt dazu, daß sie nach kurzer Zeit den Gleichrichter kurzschließen und unbrauchbar werden. Wenn in der Stromversorgung des Senders bei hohen Spannungen Elektrolytkondensatoren hintereinander geschaltet werden, dann sollte immer die hier beschriebene Formierung und die Messung der Kapazität und des Leckstromes durchgeführt werden.

Wichtig kann die Messung des Isolationswiderstandes, besonders von vergossenen Papierkondensatoren, sein. Wenn der Kopplungskondensator in einem Widerstandsverstärker zwischen der Anode der Vorstufe und dem Gitter der Endröhre einen ungenügenden Isolationswiderstand hat, dann bildet der Kondensator mit dem Gitterwiderstand der Endstufe einen Spannungsteiler, so daß die negative Gitterspannung aufgehoben und die Endröhre überlastet wird. Bei anderen Stufen können unliebsame Arbeitspunktverlagerungen auftreten, die zu Betriebsstörungen führen würden. Auch hier wollen wir nicht den Betrag des Fehlers wissen, sondern nur, ob die genannten Werte genügen. Da die Instrumente, die der Amateur besitzt, die hier erforderlichen Isolationsmessungen in der Regel nicht gestatten, wird der fragliche Kondensator in einem vorhandenen Gerät dem dort eingebauten Koppelkondensator parallelgeschaltet. In den Anodenkreis der Endröhre wird das Vielfachinstrument als Strommesser geschaltet und beobachtet, ob sich durch die Zuschaltung der Anodenstrom ändert. Ist das nicht der Fall, dann genügt die Isolation. Erhöht sich der Strom (auch um kleine Beträge), dann ist der Kondensator als Koppelkondensator nicht zu verwenden. Auch für andere Zwecke sollten solche Kondensatoren nicht eingesetzt werden.

Für die Messung van Kandensataren, die in Hachfrequenzkreisen verwendet werden, eignet sich das Grid-Dip-Meter mit Zusatzgerät. Ein Fata und die Schaltung sind in den Bildern 8 und 9 (S. 15, 16) gezeigt, die Eichkurve zeigt Bild 15 (S. 24). Es lassen sich Kapazitäten van 2 pF bis 2000 pF mit ausreichender Genauigkeit messen. Bei der Messung wird das Zusatzgerät ahne den zu messenden Kandensatar mit dem Grid-Dipper saweit gekappelt, daß an seinem Instrument bei Resananz ein Rückgang des Zeigerausschlages um etwa 10 Prozent eintritt. Der Ausschlag am Grid-Dip-Meter sall bei allen Einstellungen auf den gleichen Wert mit dem Regler, der die HF-Amplitude des Grid-Dip-Meters regelt, eingestellt werden. Dann wird der Trimmer des Zusatzgerätes sa geändert, daß bei der für „Null pF" in unserer Eichkurve vargesehenen Einstellung der Grid-Dip-Meterskala Resananz zwischen beiden Geräten besteht. Das wird, wie gesagt, durch ein Zurückgehen des Zeigerausschlages angezeigt: Ist der Rückgang zu graß, dann werden beide Geräte weiter auseinander gestellt, ist er zu klein, näher zusammen. Die Nachstimmung des Zusatzgerätes wird nur dann nätig, wenn die Stecker anders angeardnet ader für die Messung kurze Verbindungsleitungen verwendet werden. Im Interesse graßer Meßgenauigkeit sallte mit mäglichst kurzen und starren Verbindungen zwischen dem Zusatzgerät und dem Meßabjekt gearbeitet werden. Bei der Messung ist darauf zu achten, daß sich in der Nähe des Meßplatzes keine Metallgegenstände, Gerätegehäuse u. ä. befinden, die das Grid-Dip-Meter verstimmen. Sehr aft kammen Messungen an Drehkandensataren var. Die Meßwerte, insbesandere die der Anfangskapazitäten, werden für die Berechnung der Schwingkreise benötigt. Bei diesen Messungen ist darauf zu achten, daß sie unter Varaussetzungen erfalgen, die denen der späteren Anwendung entsprechen. Wenn z. B. der zu messende Kandensatar nicht abgeschirmt ist und später im Gerät auf ein Aluminiumchassis montiert wird, dann kann die Anfangskapazität van der jetzt gemessenen Kapazität erheblich abweichen. Salche Kandensataren stellt man beim Messen in der gleichen Lage, wie sie bei der späteren Unterbringung

im Gerät vorgesehen ist, auf ein Stück Alublech. Bei Kondensatoren, deren Stator und Rotor vom Gehäuse isoliert sind, soll beim Messen der Teil mit dem Gehäuse verbunden werden, der später HF-mäßig mit ihm auf dem gleichen Potential liegt. Besonders die Anfangskapazität kann bei der Unterlassung dieser Maßnahme falsch gemessen werden. Bei der Messung der gesamten Anfangskapazität einer Empfänger- oder Sendestufe darf nicht vergessen werden, die Spulen des Schwingkreises abzuschalten. Die Röhren sollen in ihren Fassungen stecken, müssen aber nicht geheizt sein. Wenn durch die Abschaltung der Spulen auch die Kopplung zur Anode der Vorstufe ausfällt, dann wird die im Betrieb wirksame Gesamtkapazität durch zwei Messungen bestimmt. Einmal wird die Anodenkapazität der Vorstufe und dann die Gitterkapazität der Folgestufe gemessen und beide Ergebnisse addiert.

Liegt in der Schaltung eine HF-Drossel, dann muß die Messung mit und ohne Drossel durchgeführt werden. HF-Drosseln können, wenn sie nicht die erhofften Eigenschaften haben, erhebliche Nacharbeit erforderlich machen. Ändert die Zuschaltung der Drossel den Meßwert merklich, dann ist später bei der Betriebsmessung ihr Verhalten besonders zu überprüfen. Auch wenn die Drossel bei dieser Messung keine Beanstandungen verursacht, kann falsche Dimensionierung vorliegen.

Kondensatoren können im Betrieb kleine Kapazitätsänderungen aufweisen, die sich oft über große Zeiträume erstrecken. Aber auch Kapazitätssprünge, die sich in der Schaltung als kleine Frequenzsprünge unangenehm bemerkbar machen, können auftreten. Kondensatoren, die später, besonders im Steuersender oder einem Oszillator, frequenzbestimmend sind, sollten auf ihre Konstanz, zumindest in bezug auf sprunghafte Änderungen, geprüft werden.

Zu diesem Zweck werden sie in die vorgeschriebene Stufe geschaltet und auf der Frequenz oder Subharmonischen eines KW-Rundfunksenders betrieben. Ist die Stufe nach etwa 30 Minuten eingelaufen, dann wird der Überlagerungston im Rundfunkgerät auf Null gebracht. Es werden langsame Änderungen des Überlagerungstones festzustellen

sein, die um so geringer sind, je stabiler der Steuersender ist. Diese Änderungen können durch die Kompensation, die noch beschrieben wird, beseitigt werden. Ist der Überlagerungston in unregelmäßiger zeitlicher Folge sprunghaft, dann ist der Kondensator unbrauchbar. Dieser Fehler konn leicht bei Glimmerkondensatoren, ober auch bei keramischen Kondensotoren ouftreten.

9. Messungen an Induktivitäten

Sind von Netz- und NF-Tronsformatoren die Daten nicht bekannt, so muß man durch Messungen den Wicklungsaufbau feststellen. Bei Netztransformatoren ist das verhältnismäßig einfach. Fast immer ist die Wicklung mit dem größten Ohmschen Widerstand die Anodenwicklung. Sind drei Anschlüsse vorhanden, dann sind die beiden, zwischen denen der höchste Widerstondswert gemessen wird, mit den Anoden der Gleichrichterröhre zu verbinden, der dritte Anschluß ist Wicklungsmitte. Die Wicklungen mit wenig Widerstand sind die Heizwicklungen. Oft sind sie leicht zu bestimmen, da die Heizwicklungen als oberste Lagen gewickelt werden. Die verbleibende Wicklung, meist mit mehreren Anschlüssen, ist die Netzwicklung. Die weitere Prüfung erfolgt nach Anschalten des Transformators an das Netz. Dabei muß darauf geachtet werden, daß bei 220 V Netzspannung die beiden Anschlüsse an das Netz geschaltet werden, die bei der Widerstandsmessung den größten Widerstand hatten. Das Messen der sekundären Spannungen des Transformators soll im Betriebszustand erfolgen. Dabei ist zu prüfen, ob die Netzspannung den Soll-Wert hat.

Besonders wichtig ist das Messen der Heizspannungen; denn die Steilheit der Röhren und deren Lebensdauer hängen von der Heizspannung ab, mit der sie betrieben werden. Viele Transformatoren sind aber mit diesen Sponnungen sehr von der Belastung abhängig; ist der Strom, der der Wicklung entnommen wird, größer oder kleiner als der für diesen Tronsformator vorgesehene, so kann sie erheb-

lich vam Sall-Wert abweichen. Meist ist die Spannung zu niedrig, der Amateur wird dann durch Zuwickeln einiger Windungen die narmalen Betriebsdaten herstellen.

An NF- und Ausgangstransfarmataren kann der Amateur mit seinen Mitteln keine Qualitätsmessungen durchführen. Er kann auch hier lediglich durch Widerstandsmessungen die verschiedenen Wicklungen bestimmen. Die häherahmige Wicklung ist hier in der Regel die Primärwicklung. Zur Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses wird diese Wicklung an eine bekannte Wechselspannung, z. B. 220 V, geschaltet und mit dem Vielfachmesser die Sekundärspannung gemessen. Aus dieser Messung kann das Übersetzungsverhältnis zur Errechnung des Außenwiderstandes ermittelt werden. Wenn bei einer Primärspannung van 220 V sekundär 5 V gemessen werden, dann ist das Übersetzungsverhältnis 1 : 44, und die Widerstände verhalten sich wie 44^2, das ist im varliegenden Falle 1936. Bei einem Röhrenausgangswiderstand van z. B. 7000 Ω muß der sekundäre Widerstand 7000/1936 ≙ 3,6 Ω sein. Umgekehrt kann natürlich über diese Übersetzungsmessung geprüft werden, ab ein greifbarer Netztransfarmatar als Mad-Trafa im Sender verwendet werden kann.

Während bei Netz- und NF-Transfarmataren für den Amateur die Kenntnis der Induktivität meist nicht van Bedeutung ist, kann diese Gräße bei Netzdrasseln interessant sein. Besanders bei Sendernetzgeräten, die aft mit Drasseleingang arbeiten, ist die Kenntnis der Induktivität van Bedeutung. Dabei ist zu beachten, daß die Induktivität der Netzdrassel sehr stark van der Gleichstram-Varmagnetisierung abhängt. Die Messung der Induktivität erfalgt, wie beschrieben, über eine Blindwiderstandsmessung mit dem Vielfachmesser. Als Meßspannung dürfte meist die Heizspannung van 6,3 bzw. 12,6 V geeignet sein. Die Wechselspannung wird über einen Kandensatar van einigen μF, am besten über einen richtig gepalten Elektralytkandensatar, zugeführt, und die Gleichspannung, die nur einige Valt zu betragen braucht, je nach den Daten des Meßabjektes aus dem Gleichrichter hinter der Siebkette ader aus einem Akkumulatar entnammen. Das Messen des Wechselstram-

widerstandes und damit der Induktivität muß bei drei oder vier verschiedenen Gleichstrombelastungen vorgenommen werden, um die Änderung der Induktivität durch die Vormagnetisierung kennenzulernen.

Wenn die Änderung der Induktivität groß und dabei die Gesamtinduktivität reichlich ist, kann das Verhalten der Drossel durch Vergrößerung des Luftspaltes im Eisen verbessert werden.

HF-Induktivitäten, soweit es sich dabei um Schwingkreisspulen handelt, werden einfach dadurch bestimmt, daß die Spule mit einem in unserem Zusatzgerät gemessenen Kondensator zusammengeschaltet und die Resonanzfrequenz mit dem Grid-Dip-Meter festgestellt wird. Dann kann die Induktivität leicht errechnet werden. Auch hier ist darauf zu achten, daß die Kopplung zwischen Grid-Dip-Meter und Meßkreis so lose ist, daß nur geringe Rückwirkungen auftreten können. Bei der Messung sollte der Kondensator, der der Spule zugeschaltet wird, etwa so groß sein wie die spätere Kreiskapazität. Die Meßfrequenz wird dann auch annähernd mit der späteren Betriebsfrequenz übereinstimmen.

Die Messung anderer Induktivitäten bei Hochfrequenz dürfte sich auf die Messung von HF-Drosseln beschränken. Von einer Drossel wird erwartet, daß sie dem Gleichstrom möglichst keinen und dem Wechselstrom einen möglichst hohen Widerstand entgegensetzt. Die vom Amateur verwendeten Drosseln haben nicht immer in befriedigendem Umfang diese Eigenschaften. Die Messung des Wechselstromwiderstandes außerhalb der vorgesehenen Verwendungsstelle führt nicht mit Sicherheit zu einem befriedigenden Ergebnis, da die Anordnung in der Schaltung die Wirksamkeit, insbesondere die Lage der Resonanzstellen, erheblich beeinflussen kann. Die in den verschiedensten Bauanleitungen immer wieder genannte 2,5-mH-Drossel stellt nicht in jedem Fall die richtige Lösung dar. Besser ist es, sich vorher von der Wirksamkeit der Drossel zu überzeugen. Drosseln sind möglichst in eingebautem Zustand zu prüfen. Bei dieser Prüfung wird lediglich die Wirksamkeit auf allen Bändern festgestellt, das Messen des

genauen Sperrwiderstandes kann entfallen. In Bild 17 ist die Prüfung einer HF-Drassel mit unseren Mitteln angegeben. Dem Gitter der Vorstufe wird über eine Kopplungs-

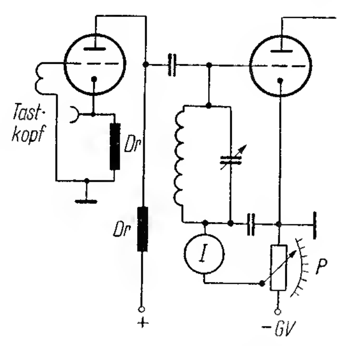


Bild 17. Schaltung zur Messung an HF-Drosseln und Schwingkreisen

wicklung vam Grid-Dip-Meter eine kleine HF-Spannung, etwa 0,1 V, zugeführt. Im Anadenkreis liegen die Drassel und ein auf die Eingangsfrequenz abgestimmter Schwingkreis parallel. Die Gittervarspannung zur nächsten Rähre wird über den kleinsten Strammeßbereich unseres Vielfachinstrumentes vam Schleifer eines zwischen Null und etwa minus 30 V geschalteten Patentiometers entnammen. Das Patentiometer wird zweckmäßig varher mit einem Zeigerknopf und einer Spannungsskala versehen. Ein Patentiometer 0,1 MΩ linear ist hier gut geeignet. Der Varröhre wird die HF-Spannung zugeführt und mit „P" der Ausschlag an „I" zum Verschwinden gebracht. Dann wird der Schwingkreis auf Resananz gebracht. Die Einstellung van „P", die bei verstimmtem Kreis bei etwa 0,5 V lag, wird nun auf einen wesentlich häheren Wert ansteigen. Wenn die zugeführte HF-Spannung bei allen 5 Kurzwellenbändern gleich groß gehalten wird, was mit dem Tastkapf an der Katade zu messen, leicht zu verwirklichen ist, dann sallten die an „P" einzustellenden Varspannungen etwa den gleichen Wert haben. Hat die Drassel bei einem Band ein sagenanntes „Lach", dann ist das deutlich an der erheb-

lich geringeren Kompensationsspannung, die an „P" einzustellen ist, zu erkennen. Es ist aber zu beachten, daß die Kreiswiderstände bei 10 m erheblich geringer sind als bei 80 m und daher die Aufschaukelung der HF-Spannung kleiner ist. Das erkennt man beim Messen daran, daß die Einstellung an „P" bei jedem höheren Band etwas nach Null zu gedreht werden muß. Da nun aber ein Unsicherheitsfaktor, entweder Drossel oder Kreis, in die Messung gekommen ist, wird eine Kontrolle durchgeführt. Man schaltet beim Messen an Stelle des abgestimmten Schwingkreises einen Widerstand von 50 kΩ. Soll die Drossel auf allen Bändern einen hohen Sperrwiderstand aufweisen, so müssen bei gleichen Eingangsspannungen auf allen 5 Bändern die Einstellungen an „P" konstant bleiben. Bei dieser Messung kann auch gelegentlich ein Fehler am Schwingkreis festgestellt werden. Wenn bei der Messung mit Schwingkreis wesentlich weniger Vorspannung an „P" eingestellt werden muß als beim Messen mit dem 50-kΩ-Widerstand, dann sollte der Resonanzwiderstand des Kreises überschlägig berechnet werden. Das ist: Blindwiderstand von „C" bei der Arbeitsfrequenz mal Güte. Die Güte können wir mit 100 ansetzen und den Blindwiderstand einer Tabelle entnehmen. Bei 10 m und einer Kreiskapazität von 50 pF ist z. B. der Blindwiderstand des Kondensators etwa 110 Ω mal der Güte, das ergibt als Resonanzwiderstand 11 000 Ω. Bei 80 m und 150 pF sind das etwa 29 000 Ω. Im allgemeinen liegt die Güte der Kreise bei 80 m um 120 und bei 10 m um 75, so daß die hier genannten Kreiswiderstände zwischen 10 kΩ und 35 kΩ liegen. Im gleichen Verhältnis dürfen maximal die Streuungen der Meßwerte liegen. Sind sie größer, dann sind die Kreise nicht in Ordnung.

Die Prüfung der Drossel in der Senderendstufe erfolgt über eine Wirkungsgradmessung. Die Anodeneingangsleistung der Endstufe ist aus der Anodenspannung und der Anzeige des Anodenstrominstrumentes bekannt. Nach der bei der Leistungsmessung beschriebenen fotometrischen Methode wird die Ausgangsleistung, der „output", bestimmt und mit diesen beiden Werten der Wirkungsgrad nachgerechnet.

Dabei ist auf optimale Auskapplung der HF-Energie zu achten, d. h., das Gerät muß auf gräßte Helligkeit der Lämpchen eingestellt werden. Grabe Fehler an der Drassel sind bereits bei kurzem Durchschalten der Bereiche an der aft bei gleichbleibender Eingangsleistung sehr unterschiedlichen Ausgangsleistung zu erkennen. Neben einer erheblichen Leistungseinbuße führt eine schlechte Drassel zu einem „Durchgreifen" des Nullpatentials und damit zu einer kapazitiven Verstimmung des Tankkreises.

10. Messungen an Schwingkreisen

Die Messungen an Schwingkreisen sind, außer dem Messen der Resananzfrequenz, im wesentlichen Spulenmessungen. Sie wurden bereits in Abschnitt 9 beschrieben. Jetzt ist nur noch die Messung der Güte darzustellen. Es gibt dazu mehrere Meßverfahren. Wir weisen jedach nur auf die dem Amateur mäglichen Messungen hin. Zum Vergleich ähnlicher Spulen untereinander und für überschlägige Messungen eignet sich gut die Anardnung nach Bild 18. Zwei Kan-

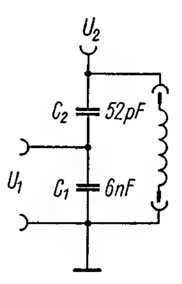


Bild 18. Schaltung zur Messung der Spulengüte

densatoren mit wenig Verlusten werden in Serie geschaltet. Das Kapazitätsverhältnis sall bei etwa 1 : 100 liegen. In Bild 18 sind 52 pF und 6 nF angegeben. Da im vorliegenden Beispiel mit dem obenbeschriebenen Meßkapf, der eine Eingangskapazität van 8 pF hat, gemessen wurde,

und diese 8 pF beim Messen parallelgeschaltet sind, ergibt sich, wie gefordert, ein Kreiskapazitätsverhältnis von 1 : 100. An U_1 wird über zwei oder drei Kopplungswindungen aus dem Grid-Dip-Meter eine HF-Spannung entnommen, die bei R e s o n a n z 0,5 oder 1 V betragen soll. Die beiden Spannungen U_1 und U_2 werden gemessen und ins Verhältnis gesetzt. Die auf diese Art gemessenen Gütewerte liegen bei 30 bis 50, im 80-m-Band auch bei 80. Durch die Belastung des Schwingkreises mit dem Meßkopf werden zu niedrige Gütewerte gemessen. Die Größe dieses Fehlers kann der Amateur mit Hilfe einer Vergleichsspule bekannter Güte – z. B. einer keramischen Spule von Hescho mit aufgebrannter Wicklung – bestimmen. Bei 45 mm Dmr. und 20 µH hat sie im 80-m-Band eine Güte von 150. Wenn wir an dieser Spule mit unserer Anordnung eine Güte von 75 messen, dann dürfen wir annehmen, daß auch bei den anderen Messungen in diesem Frequenzbereich der Meßfehler bei 50 Prozent liegt. Eine entsprechende Korrektur ist damit möglich. Da die Güte einer Spule sehr stark von der Betriebsfrequenz abhängt, hat die Gütemessung mehr einen qualitativen Wert und sollte immer bei der Arbeitsfrequenz erfolgen. Der Vorteil dieser Anordnung gegenüber vielen industriellen Gütefaktormeßbrücken liegt darin, daß bei der Betriebsfrequenz gemessen wird. Bereits mit dieser einfachen Methode lassen sich Vergleichsmessungen an verschiedenen Spulen durchführen. Es ist gut zu erkennen, um wieviel z. B. bei 80 m ein mit HF-Litze bewickelter Haspelkern besser ist als ein einfacher mit Lackdraht bewickelter Spulenkörper mit nur einer HF-Eisenschraube zum Abgleich. Selbst bei 10 m kann noch sehr gut der Einfluß des Eisenkerns auf die Güte festgestellt werden. Mit dieser Kenntnis und mit den verfügbaren Mitteln können optimale Kreise gebaut werden.

Auch bei dieser Messung ist auf eine gute Erdung zu achten. Besonders wichtig ist eine kurze Verbindung vom Erdpunkt des Kreises direkt zur Hülse des Meßkopfes. Da durch Anschalten des Meßkopfes eine Verstimmung auftritt, muß am Grid-Dip-Meter nachgestimmt werden. Wird U_2 gemessen, dann ist die Resonanz am höchsten Aus-

schlag des Meßkopfinstrumentes zu erkennen. Wird an U_1 gemessen, dann geht am Grid-Dip-Meter der Zeigerausschlag zurück.

Wie bereits gesagt, wird das Meßergebnis durch die Belastung des Meßkreises mit dem Meßkopf gefälscht. Sind genaue Meßwerte erforderlich, dann kann der Meßkreis nach Bild 18 in eine Schaltung nach Bild 17 an Stelle des dort gezeichneten Schwingkreises geschaltet werden. Der Kopplungskondensator wird abgeschaltet und die Spannung U_1 von der Katode der Vorröhre abgegriffen. Damit dort HF-Spannung zur Verfügung steht, wird zwischen Katode und Null eine HF-Drossel geschaltet. Die Anode der Vorröhre wird über einen Kondensator von 1000 pF gegen Erde HF-mäßig kurzgeschlossen. Mit dem Tastkopf wird die Spannung an der Katode gemessen und mit „P" die Gegenspannung so lange vergrößert, bis der Ausschlag an „I" gerade verschwindet. Bei dieser Kompensationsmessung wird der Kreis durch den Meßvorgang nicht bedämpft, und die Anzeige bleibt richtig. Auch hier ist vor der Messung die Kapazität am Gitter der Meßröhre festzustellen und von C_2 abzuziehen. Es ist vorteilhaft für C_2 einen kleinen Drehkondensator zu nehmen, der auf das gewünschte Übersetzungsverhältnis eingestellt wird. Bei anderen Übersetzungsverhältnissen muß darauf geachtet werden, daß C_1 gegen C_2 groß bleibt, damit nicht auch dort Korrekturen der Kapazität vorgenommen werden müssen.

Grundsätzlich läßt sich die Güte des Kreises auch aus der Änderung von U_2 bei Änderung der Frequenz von U_1 ermitteln. Dazu ist erforderlich, daß die der Vorstufe zugeführte Frequenz sich mit 1‰ Genauigkeit einstellen und ablesen läßt. Da diese Bedingung, außer bei dem Steuersender unserer Anlage, kaum sichergestellt ist, wird wohl die hier beschriebene Anordnung zur Gütemessung herangezogen werden.

Ist die Güte ungefähr bekannt, dann lassen sich alle anderen Betriebswerte im Kreis, wie Blindströme, Verlustleistungen usw., rechnerisch ermitteln. Ein Messen dieser Werte ist daher nicht mehr erforderlich.

Nach der zuletzt beschriebenen Methade (s. Bild 17) lassen sich auch Kapplungsgrade van Spulen messen (s. Bild 19). Diese Messung kommt besanders beim Abgleich von Band-

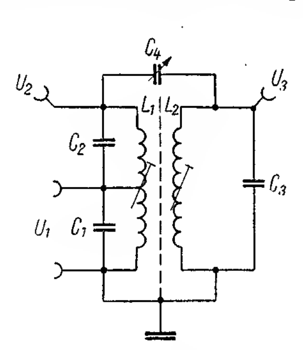


Bild 19. Schaltung zur Messung an Bandfiltern

filtern var. Dem Kreiskandensatar auf einer der beiden Bandfilterseiten wird ein Kandensator van etwa 1000 pF in Serie geschaltet. Parallel zu diesem Kandensatar werden einige Windungen Draht zur Ankapplung an das Grid-Dip-Meter angeschaltet. Außerdem werden den Kreisen die anaden- bzw. gitterseitigen Schaltkapazitäten für die Dauer der Messung zugeschaltet, damit sich später nach dem Einbau die gemessenen Werte wieder einstellen. Jetzt wird der Anschluß bei U_3 über 1000 pF verstimmt und, nachdem das Grid-Dip-Meter auf die Sallfrequenz eingestellt wurde, die Spannung an U_2 gemessen. Durch Nachstellen des Eisenkerns in L_1 wird auf die höchste Spannung und damit auf Resananz eingestellt. Dann wird der gleiche Vargang am anderen Kreis wiederhalt, nachdem dart der Verstimmungskandensatar van 1000 pF auf die eben gemessene Seite gelegt wurde. Auch hier wird der Kern in L_2 sa lange verstellt, bis an U_3 die höchste Spannung gemessen wird. Dann kann auf der Primärseite der Verstimmungskandensatar entfernt werden. Bei einer varher bereits überschlägig bestimmten Kapplungskapazität, auf die der Trimmer C_4 eingestellt wird, mißt man nun die Spannung an U_3. Bei

dieser Messung wird an dem Grid-Dip-Meter die Frequenz langsam um ± 5 Prozent von der Sollfrequenz geändert. Ist nur ein Spannungsmaximum festzustellen, dann kann C_4 weiter hereingedreht werden. Der gesamte Meß- und Einstellvorgang ist mit Anschaltung des Verstimmungskondensators usw. zu wiederholen. Nachdem die vorgesehene Kopplung erreicht ist, können auch die Ersatzkapazitäten für die Anoden- bzw. Gitterkapazitäten entfernt werden. Nach dem Einbau sind je nach der Qualität unserer Arbeit mehr oder weniger Nachstimmungen erforderlich. Ist die Kopplung ohne C_4 bereits zu fest, dann wird durch ein Abschirmblech zwischen den Spulen der gewünschte Koppelgrad hergestellt.

11. Messungen an Antennen

Hilfsmittel zum Messen an Antennen stehen dem Amateur kaum zur Verfügung. Die Kenntnis der Antenneneingangswerte ist aber für die Dimensionierung der Endstufe von Interesse. Mit einfachen Mitteln läßt sich nur der Fußpunktwiderstand mit brauchbarer Genauigkeit bestimmen. Bild 20

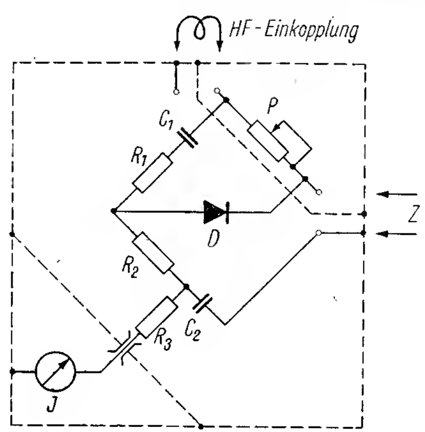


Bild 20. Antennascope

zeigt eine einfache Meßbrücke, mit der sich, zusammen mit dem Grid-Dip-Meter, der Fußpunktwiderstand bestimmen läßt. Bei „Z" werden Antenne und Erde angeschlossen, und das Grid-Dip-Meter wird mit der angedeuteten Spule gekoppelt. Das Instrument „I" kann, wenn die Zuleitung über einen Durchgangskondensator erfolgt, durch das Vielfachinstrument ersetzt werden. Beim Messen ist auch hier auf einwandfreie Erdung zu achten. Es muß darauf hingewiesen werden, daß sich solche aperiodischen Messungen nicht in der Nähe starker Sender durchführen lassen.

Bei der Messung mit der Meßbrücke ist wichtig, daß die Antenne in Resonanz ist, da sonst die Meßwerte fehlerhaft sind. Es ist nicht einfach, eine Mehrbandantenne für alle Bereiche richtig zu bauen und anzupassen. Es gibt Betriebsmeßgeräte, die eine Fehlanpassung genau anzeigen, aber auch nur dann, wenn auf einem bestimmten Außenwiderstand, meist 60 Ω, gearbeitet wird. Dreivoltmetermethoden eignen sich wenig für Amateure, so daß Antennen meist empirisch gebaut werden. Aus diesem Grunde ist ein anderer Amateur, mit dem man über längere Zeit zusammenarbeiten kann, das beste „Antennenmeßmittel".

Bereits bei der Wahl der geeigneten Antenne sollte darauf geachtet werden, daß sie gegen äußere Einflüsse und Fehldimensionierungen möglichst unempfindlich ist. Dipole mit Reflektor und Direktor werden, wenn sie drehbar angebracht sind, durch Drehen und Auswerten der bei den verschiedenen Arbeitsrichtungen erzeugten relativen Feldstärken auf ihre Wirksamkeit geprüft. Da aus der Fachliteratur die Kennwerte bekannt sind, können vorhandene Mängel leicht festgestellt werden.

Die Anteile an Steilstrahlung, die Energie in dem Zipfel und die Spannungsverteilung, die für die Beurteilung der Antenne wichtig sind, können mit Amateurmitteln nicht gemessen werden. Die Beurteilung würde außerdem für Langdrahtantennen, für horizontale oder vertikale Dipole mit oder ohne Richtelemente usw. verschieden ausfallen, so daß nur die Zusammenarbeit der Amateure zum Erfolg führt.

Für besonders an der Antennentechnik interessierte Amateure, aber auch zur Dimensionierung der Betriebsantenne

und zur Messung ihrer Eigenschaften eignet sich der Antennenmodellmeßplatz. Dort wird z. B. bei 420 MHz eine Modellantenne betrieben, die entsprechend der Betriebswellenlänge von 70 cm mit Dipollängen von 35 cm auskommt. Ein einstufiger Sender wird nach Bild 21 auf einem

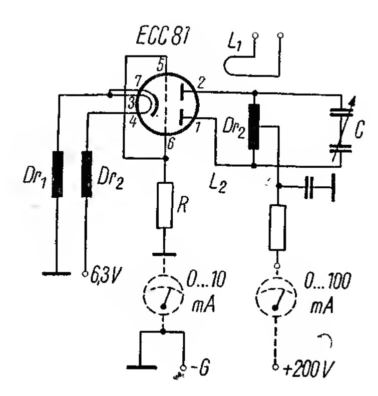


Bild 21. Oszillator für 70 cm

einfachen Brett aufgebaut. Die gesamte Messung muß im Freien erfolgen, da in geschlossenen Räumen die Gefahr von Reflektionen der Wellen an Wänden groß ist und dadurch Meßfehler auftreten. Bei der Meßanordnung wird in entsprechender Verkleinerung eine maßstabgerechte Nachbildung der wirklichen Verhältnisse vorgenommen. Besonders sind die Abstände zu den als Erde, Hausdach oder sonstigen die Funktion der Antenne später beeinflussenden Teilen einzuhalten. Auch das Material dieser Teile soll weitgehend der Wirklichkeit entsprechen. Zur Messung wird ein an einer langen Bambusstange oder ähnlichem befestiger Dipol mit einer Germanium-Diode benutzt. Die an der Diode entstehende Spannung wird unserem Instrument über zwei Schutzwiderstände und zwei Leitungen zugeführt. Der Sender mit seinen Zuleitungen soll abgeschirmt sein, so daß er nicht direkt auf das Strahlungsfeld wirken kann. Gut eignet sich dazu eine runde Holzplatte, auf der ein eng-

maschiges Drahtnetz ader radiale Drähte gespannt sind. Unter der Halzplatte wird der Sender befestigt und auf der Platte mit Sand und Steinbaukasten das Dach mit seinen Aufbauten madelliert. Die Antenne wird aus 2-mm-Kupferdraht maßstabgerecht sawahl in ihren Abmessungen als auch in ihren Abständen zu den Gebäudeteilen angebracht. Um die Platte werden die Winkel markiert, die Strahlrichtung Nard wird van 0° bis 360° gewählt.

Bei der Messung sall der Meßdipal mindestens 5 λ, alsa in unserem Beispiel 3,5 m vam Strahler entfernt bleiben. Gut läßt sich diese Farderung einhalten, wenn vam Sendedipal nach dem Meßdipal eine dünne Perlanschnur als Abstandshalter angebracht wird. Bei jeder Meßreihe werden immer nach 45° die Meßdaten festgehalten. Üblich ist die Messung des Runddiagramms und eines Vertikaldiagramms von 0° über die Antennen hinweg nach 180°. Danach werden die vargesehenen Änderungen, alsa Hähenänderungen, Änderungen der Elementabstände ader der Erdverhältnisse (z. B. durch Anfeuchten des Madells mit Wasser) vargenommen und geprüft. Nach jeder Änderung wird neu gemessen und das Ergebnis mit den früher erzielten verglichen. Zur besseren Anschaulichkeit ist es ratsam, die Ergebnisse in einem Palardiagramm einzutragen. Bild 22 zeigt ein salches Diagramm van einer 3-Element-Antenne. Es sind drei Kurven dargestellt: eine Harizantalmessung in einem Winkel von 20° und einem Abstand van 4 m bei einem λ van 70 cm. Die beiden anderen mit 1 und 2 bezeichneten Kurven sind Messungen der vertikalen Strahlungsverteilung. Bei der mit 1 bezeichneten Messung war der Dipal 0,3 λ und bei der mit 2 bezeichneten 0,1 λ über dem als Dach wirksamen Aufbau. Der Erhebungswinkel geht van 20° auf 32°, sa daß die Antenne bei n = 0,1 λ für Fernverkehr nur nach mangelhaft geeignet ist. Es lassen sich mit dem Madellmeßplatz brauchbare Resultate erzielen, die durchaus in die Betriebspraxis übertragen werden kännen.

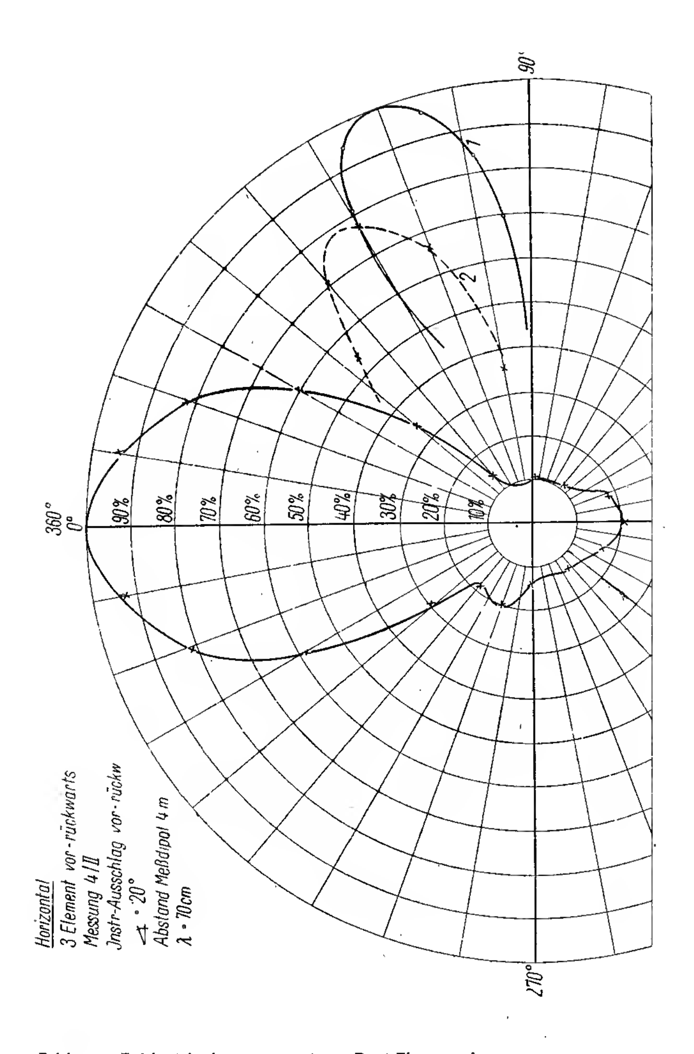


Bild 22. Feldstärkediagramm einer Drei-Element-Antenne

12. Frequenzmessungen

Frequenzmessungen sind ein weites und wichtiges Gebiet der Meßtechnik der Amateure. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß als Frequenznormal Rundfunksender und besonders Normalfrequenzsender verwendet werden können. Es ist auch von Vorteil, einen Quarz als Frequenznormal zu benutzen. Bild 12 zeigt eine Schaltung für ein unselbständiges Frequenznormal, das den Sender Droitwich aufnimmt und, nach Frequenzteilung und Verzerrung, alle 100 kHz einen Eichpunkt liefert. Bild 23 stellt eine Schaltung

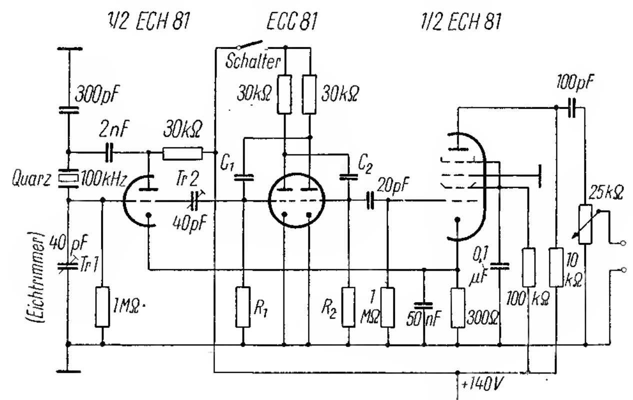


Bild 23. Selbständiges Frequenznormal mit Teiler

mit 100-kHz-Quarz, zuschaltbarem Frequenzteiler für 10 kHz und Verzerrer dar. Mit dieser oder einer ähnlichen Anordnung werden auch bis weit über 30-MHz-Eichpunkte geschaffen, die für unsere Arbeiten als Grundnormale dienen können. Die Frequenzen, die von dem Normalfrequenzsender und z. T. auch von Rundfunksendern empfangen werden, sind über den Zeitraum von einem Monat mit $1 \cdot 10^{-8}$ viel genauer, als wir es für unsere Zwecke benötigen. Werden Schaltungen nach Bild 23 gebaut, dann sollten sie auf ihre Frequenzgenauigkeit und Konstanz über einige Zeit hin mit einem dieser Sender verglichen werden.

Ist keines dieser Geräte verfügbar, dann besteht die Mäglichkeit, dem Grid-Dip-Meter eine Spule für den Empfang einer gut aufnehmbaren und in der Frequenz genau bekannten Rundfunkstotian aufzustecken. Das Gerät wird in Betrieb genammen und nach etwa 30 Minuten auf die als Narmalfrequenz im Empfänger aufgenammene Rundfunksenderfrequenz eingestellt. Die richtige Einstellung wird an Schwebungsnull ader am langsamen Öffnen und Schließen der Segmente im magischen Auge erkannt. Diese Einstellung muß sehr genau sein und sall auf ihre Beständigkeit über einige Minuten beabachtet werden. Mit unserem Kurzwellenempfänger hären wir in dem gewünschten Empfangsbereich die Harmanische des auf die Rundfunkstatian abgestimmten Grid-Dip-Meters ab und benutzen diese Frequenz zur Eichung ader für andere Zwecke. Die Frequenzen der Rundfunk- und Eichsender entnehmen wir den entsprechenden Tabellen. Wird ein unselbständiges Frequenznarmal benutzt, dann ist es günstig, ein salches mit niedriger Frequenz zu empfangen. Oben wurde auf den Sender Draitwich hingewiesen. Diese Station ist jedoch an manchen Orten durch andere Sender gestört, sa daß sie für unsere Zwecke nicht immer geeignet ist. Die Schaltung noch Bild 12 kann auch für den Narmalfrequenz- und Eichwellensender DCF 77 mit der Sendefrequenz van 77,5 kHz benutzt werden. Die Freauenztaleranz ist besser als 10^{-8}, außerdem überträgt der Sender täglich van $08^{h}\,10^{m}$ bis $08^{h}\,27^{m}$ den 440-Hz-Narmalton. Von $11^{h}\,10^{m}$ bis $11^{h}\,27^{m}$ wird er mit einer 200-Hz-Narmalfrequenz maduliert. Der Sender arbeitet im Winter bis $01^{h}\,10^{m}$ und ist mit Ein- und Zwei-Sekunden-Meßmorken und Zeitzeichen getastet. Bei Empfang dieses Senders ergeben sich z. B. im 80-m-Band vier harmanische Frequenzen, die 46. mit 3,5650 MHz, die 47. mit 3,6425 MHz, die 48. mit 3,72 MHz und die 49. mit 3,7975 MHz. Die 45. Harmanische mit 3,4875 MHz ist für die Meßzwecke der Amateure nach recht gut geeignet. Im Kurzwellenbereich gibt es ebenfalls Narmalfrequenzsender, die für die Arbeiten des messenden Amateurs genügen.

Bei Frequenzmessungen treten in der Hauptsache zwei Aufgaben in den Vardergrund: die Bestimmung der Arbeits-

oder Resonanzfrequenz eines Meßobjektes und die Messung der Konstanz unserer Oszillatoren. Bei den praktischen Beispielen soll auf die Besonderheiten noch eingegangen werden.

13. Meßbeispiele

13.1 Bandfilterempfänger

Ein richtig dimensionierter Empfänger, der im Zuge der HF-Verstärkung Bandfilter hat, bietet dem Amateur besondere Vorteile. Eine solche Anordnung ist für die schmalen Amateurbänder gut zu verwirklichen, lediglich für das 80-m-Band müssen zwei Bereiche gewählt werden.
Es wurde nun mit herkömmlichen Mitteln der Versuch unternommen, ohne Werkstatthilfe und nur mit Bauteilen, die im Handel zu erwerben sind, das Ergebnis der Rechnung in der Praxis zu überprüfen. Es war besonders interessant, diese Schaltung aufzubauen, da die hohe Eingangsselektivität die Anwendung einer niederen Zwischenfrequenz gestatten und die Probleme des Doppelsupers umgehen würde. Die Versuchsanordnung ist in Bild 24 in der Schaltung gezeigt.

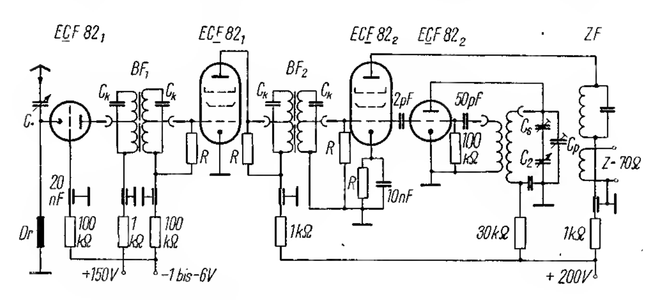


Bild 24. Schaltung Bandfiltereingang für Super

Die HF wird an die Katode der ECF 82 über C_1 gegeben und verstärkt. In der Anode liegt ein Bandfilter, dessen Sekundärseite zum Gitter des Pentodenteils derselben Röhre

führt. Var der nächsten Röhre falgt wieder ein Bandfilter, sa daß die Empfangsfrequenz über vier festabgestimmte Kreise geführt wird. Keiner dieser Kreise ist durch Antenne ader andere übermäßig dämpfende Elemente in seiner Wirksamkeit beeinträchtigt. Da die betriebsmäßigen Verhältnisse ermittelt werden sallten, wurden alle fünf Bereiche über einen Tastenschalter umschaltbar gebaut. Bei dieser Gelegenheit sallte gleichzeitig die Eignung van Tastenschaltern für unsere hachwertigen Geräte untersucht werden. Der Aufbau wurde auf einem Schalter mit Schiebetasten und einem Drucktastensatz mantiert. Der Schiebeschalter hat sich nicht bewährt, da bei jeder Umschaltung das Gerät weggeschaben wurde. Auch die Sicherheit der Umschaltung war nicht ausreichend. Die beiden Bandfiltergruppen wurden durch räumliche Trennung und Verdrehen der Achsen um 90° entkappelt. Da die Zahl der Kantakte eine Umschaltung des Abgriffes der Bandfilter und ein gleichzeitiges Kurzschließen der unbenutzten Kreise nicht erlaubte, wurden Anade bzw. Gitter vall an den jeweiligen Kreis angekappelt. Der Oszillatorspulensatz war austauschbar, um ihn für verschiedene Zwischenfrequenzen umstellen zu können. Als Nachsetzer wurde der Mittelwellen-Empfänger Cäsar verwendet. Es wurden falgende Daten gemessen:

a) Treffsicherheit,
b) Kanstanz des ersten Oszillators,
c) Selektivität,
d) Empfindlichkeit.

Die Spiegelwellensicherheit und die ZF-Festigkeit werden durch c) erfaßt. Da lediglich der HF-Teil mit dem ersten Oszillatar gemessen wurde, erübrigt sich das Messen der Verstärkung.

a) Treffsicherheit

Unter Treffsicherheit eines Empfängers versteht man die genaue Einstellung bei Empfang eines bestimmten Senders nur nach der Skala des Empfängers. Sie entspricht etwa der Frequenztaleranz bei der Bewertung der Sender. Da es bei der Einstellung auf einen Sender darauf ankammt, daß er

an der Stelle der Skala, an der er nach seiner Frequenz und der Eichung der Skala erscheinen sollte, auch erscheint, ist die Kenntnis dieser Eigenschaft wichtig. Die Treffsicherheit ist eine Folge von Frequenzkonstanz, besonders des ersten Oszillators, von Ablesegenauigkeit und Genauigkeit der Eichung und der Anzeige. Die beiden letzten Punkte sind das Ergebnis der mechanischen Anordnung, der Skalenlänge und natürlich auch des Frequenzbereiches. Wenn z. B. im Empfänger eine 300 mm lange Linearskala verwendet wird, dann werden im 80-m-Band je mm Zeigerweg etwa 1 kHz erfaßt, wenn der Frequenzbereich von 3,5 MHz bis 3,8 MHz abgestimmt wird. Im 10-m-Band werden, wenn die Bandeinengung die gleiche ist, etwa 8 kHz je mm Skalenweg abgestimmt. Es ist verständlich, daß sich 8 kHz/mm nicht so genau einstellen lassen wie 1 kHz/mm. Aus diesem Grunde ist der Amateur immer bemüht, auf der Skala nur seine Empfangsbereiche zu erfassen. Tritt bei der genannten Linearskala ein Anzeigefehler von 0,5 mm infolge Spiel im Antrieb, Kippen des Zeigers usw. ein, dann ist bereits in diesen Mängeln ein Fehler von ± 4 kHz enthalten (bei 28 MHz). Im 80-m-Band beträgt der Fehler nur 0,5 kHz. Wenn nun durch Parallaxe und andere Ablese- und Eichfehler nochmals der gleiche Fehler eintritt, dann kann im 10-m-Band ein Fehler von ± 1 mm, entspricht ± 8 kHz, auftreten. Das entspricht einem Fehler von $2{,}75 \cdot 10^{-4}$. Die Gesamtgenauigkeit der Geräte soll aber besser als $2 \cdot 10^{-4}$ sein. Bevor auf die Messung der genauen elektrischen Daten eingegangen wird, soll geprüft werden, wie groß die obenangeführten Fehler sind.

Dazu müssen wir überlegen, mit welchen Mitteln der Zeigerweg für den vorgesehenen Frequenzbereich möglichst groß gehalten werden kann.

Es wird bei Kreisskalen für den Bereich mit dem größten Frequenzintervall der äußere größte Bogen der Skala benutzt. Sehr genaue mechanische Skalen tragen Lupen auf dem Zeiger. Noniusskalen haben, da die Eichung nicht linear erfolgen kann, keine Berechtigung, wenn nicht an Stelle von Frequenzen mit Kennzahlen gearbeitet wird. Im kommerziellen Funk werden die Skalenanzeigen meist über

Grob- und Feinskala durchgeführt. Während die Grobskala in Frequenzen geteilt ist, wird die Feinskala, die über Zählwerk oder Lupe abgelesen wird, häufig mit einer fortlaufenden Bezifferung versehen. Das Ablesen wird über Eichtabellen in Frequenzen umgewertet. Der Amateur muß aber mit einfachsten Mitteln auskommen. Eines davon wurde schon angedeutete: Er darf nur das erforderliche Frequenzintervall auf der Skala unterbringen. Bei dem obengezeigten Beispiel mit dem Fehler von 8 kHz bei 28 MHz werden 2,4 MHz erfaßt. Wird aber mit elektrischen Mitteln der Bereich auf 28 MHz bis 29,2 MHz eingeengt, dann ist die Anzeigegenauigkeit bereits doppelt so groß.

Weitere Fehler lassen sich leicht erkennen, wenn eine Frequenz über ein möglichst genaues Normal das eine Mal von links nach rechts und das andere Mal von rechts nach links an der Skala eingestellt wird. Zu diesem Zweck wird am Empfänger der Telegrafieüberlagerer eingeschaltet und auf Schwebungsnull eines Frequenznormals oder eines Rundfunksenders eingestellt. Man verstimmt nach tieferen Frequenzen zu und geht dann mit der Abstimmung wieder auf die ursprüngliche Einstellung, dann verstimmt man nach höheren Frequenzen zu und kommt auch hier wieder auf diese Stellung zurück. Die Einstellung der Skala soll so genau wie möglich erfolgen. Die abgehörten Frequenzabweichungen, mit den entsprechenden Vermerken versehen, werden notiert. Der Vorgang wird etwa zehnmal wiederholt, jedesmal mit den entsprechenden Aufzeichnungen. Zum Schluß werden von beiden Meßgruppen die Werte mit der größten Abweichung als Fehlergrenze genommen. Diese Messungen sollen möglichst im 10-m-Band durchgeführt werden. An diesen Ergebnissen kann recht gut abgeschätzt werden, welche mechanischen Fehler im Anzeigesystem enthalten sind. Hat der Abstimmdrehkondensator in den Lagern Luft, ist der Zeigerantrieb elastisch sowie die Zeigerführung unsauber und treten durch großen Abstand der Zeigermarke von der Skala oder durch unsaubere Marken Ablesefehler auf, dann sind sie bei der von links her kommenden Einstellung anders als bei der Rechtseinstellung.

Auch die Beleuchtung der Skala kann Ablesefehler verursachen.

Eine weitere Ursache liegt in der elektrischen Seite der Schaltung. Diese Einflüsse und deren Bestimmung werden im nächsten Absatz behandelt. Hier sei aber nach vermerkt, daß beide Fehlergruppen unter dem Wart Taleranz zusammengefaßt werden.

Ein treffsicherer Empfänger muß, wenn er nach Skala auf einen Sender eingestellt wird, diesen Sender auch aufnehmen. Natürlich geht die Sendebandbreite bei dieser Betrachtung mit ein. Die Treffsicherheit ist daher für die verschiedenen Betriebsarten auch verschieden. Im allgemeinen ist aber ein amplitudenmadulierter Sender mit einer Bandbreite van ∓ 5 kHz für den Amateur richtig. Arbeitet der Sender mit einer Taleranz van $1 \cdot 10^{-4}$ für die Dauer des QSOs im 10-m-Band, dann hat er eine zulässige Abweichung van $\pm 2{,}9$ kHz. Van dem Modulationsband kann nur der Restbetrag van 5 kHz bis 2,9 kHz mit Sicherheit in Betracht gezagen werden. Auf der Empfängerseite liegt er insafern günstiger, weil hier dessen Selektian für die Treffsicherheit eine größere Bandbreite ergibt. Die Selektivität wird nach der Bandbreite gerechnet, bei der nach Verstimmung des Empfängers die Spannung auf den 0,7fachen Betrag abgefallen ist. Bei der Treffsicherheit kann man aber die Bandbreite zugrunde legen, bei der die Spannung auf ein Zehntel ader ein Zwanzigstel abfällt. Diese Bandbreite ist wesentlich gräßer als die der Selektivität. Je nach Empfängerschaltung darf man 10 kHz bis 20 kHz und mehr für die Beurteilung der Treffsicherheit annehmen. Demnach ist die Treffsicherheit ein unter Berücksichtigung aller betrieblichen Mamente gewannener Richtwert. Wenn wir $\pm$ 10 kHz Bandbreite zugrunde legen, zu der wir die 2,9 kHz der Senderseite hinzufügen kännen, dann muß die Treffsicherheit besser als 12,9 kHz sein. Van diesem Betrag wäre der Teil der mechanischen Fehler abzuziehen, damit man die zulässigen elektrischen Abweichungen erhält. Auch hier ist wieder zu trennen zwischen den der Schaltung innewahnenden und den zeitlich veränderlichen Beeinflussungsfaktaren. Die Kreise im Amateurempfänger werden um-

geschaltet. Die Umschaltkontakte haben einen gewissen Übergangswiderstand, der auf die Funktion der Kreise in der Schaltung Einfluß nehmen kann. Bei gutversilberten Kontakten mit genügend großem Kontaktdruck ist dieser Fehler gering. Wenn durch die Umschaltung nach etwa einem Jahr die Silberschicht abgeschabt ist, dann können die Übergangswiderstände recht groß werden. Bei einem Spulenrevolver wurden bei der Umschaltung nach einer Benutzungsdauer von etwa einem Jahr im 10-m-Band nach jedem Umschalten Frequenzverwerfungen bis zu 9 kHz gemessen. Auch die Verstärkung der Stufen wurde durch diese Übergangswiderstände bis zu drei S-Stufen gemindert. Besonders anfällig sind Schalterkontakte, an denen weniger als 30 V Spannung liegen, denn erst bei diesen Spannungen werden die dünnen Oxydschichten, die sich auf dem unedlen Metall bilden, durchschlagen. Daher wird diese Spannung auch Frittspannung genannt, d. h. die Spannung, bei der die Kontakte zusammenfritten (zusammenbacken). In Empfängerkreisen, besonders im Empfängereingang, wird jedoch diese Spannung nicht erreicht, so daß die Oxyde die Funktion der Kreise erheblich beeinträchtigen können. Bevor die elektrischen Eigenschaften gemessen werden, ist festzustellen, ob nicht Fehler, ähnlich den hier genannten, in unserer Schaltung stecken. Dazu gehören kalte Lötstellen, lose Leitungen u. ä. Durch wiederholtes Umschalten des betriebswarmen Gerätes, mehrmaliges hartes Aufsetzen oder Abklopfen der Schaltungsgruppen mit einem Gummihammer können diese Fehler erkannt werden. Wurde vorher ein Sender mit Schwebungsnull empfangen, so muß nach Vornahme einer der Kontrollen wieder Schwebungsnull vorhanden sein. Erst nach den Voruntersuchungen wird mit der eigentlichen Messung begonnen.

Diese Vorgänge, die nicht zur Meßtechnik gehören, wurden deshalb so ausführlich behandelt, um zu zeigen, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen und welche Überlegungen vor der eigentlichen Messung erforderlich sind, um mit einfachen Meßmitteln zu einem brauchbaren Resultat zu gelangen. Solche Untersuchungen und Aufzeichnungen sind auch dann wichtig, wenn am großen Meßplatz gemessen

wird. Eindeutige Meßergebnisse lassen sich nicht aus vieldeutigen Betriebszuständen erzielen.

b) Frequenzkanstanz

Unter Frequenzkanstanz wird die zeitliche Änderung der Frequenz eines Oszillators verstanden. Diese Änderungen ergeben sich aus Temperatureinflüssen auf Spule und Kondensator sowie aus Arbeitspunktverschiebungen der Röhre durch Änderungen der Betriebsdaten (siehe hierzu auch 15. Literaturhinweise). Die Messung wird in einen orientierenden Teil und in die genaue Messung aufgegliedert. Im orientierenden Teil werden die Einflußgrößen und ihr Anteil am Gesamtfehler festgestellt. Oft zwingen bereits die dabei gemachten Feststellungen zu Änderungen des Aufbaus oder der Dimensionierung der Schaltung.

Die Prüfung des Einflusses der Röhrenarbeitspunkte erfolgt, indem die Heiz- bzw. Anodenspannung (bei Pentoden die Schirmgitterspannung) geändert wird und die durch diese Änderungen auftretenden Frequenzänderungen gemessen werden. Zu diesem Zweck wird, nachdem der Oszillator unter Betriebsverhältnissen eingeschaltet war, unter Beachtung des Schwebungstones, der zwischen dem Oszillator und dem Frequenznormal eingestellt wurde, die Heizspannung der Röhre abgeschaltet. Bei dieser Messung ist es richtig, nicht auf Schwebungsnull, sondern auf einen bestimmten Schwebungston nach höheren Frequenzen einzustellen. Günstig ist eine Frequenz von 440 Hz (Kammerton a'), für die es Stimmpfeifen gibt. Wandert nach Abschalten der Heizspannung die Frequenz sofort aus, dann ist die Schaltung in ihrer Resonanzfrequenz sehr stark von der Steilheit der Röhre abhängig. Durch Änderung der Arbeitspunkte und eventuell durch Vorschalten eines kleinen Widerstandes in die Heizleitung der Oszillatorröhre kann diese Empfindlichkeit herabgesetzt werden. Bei Verwendung von Röhren mit sehr kleiner Wärmeträgheit der Katode muß mit dem Vorwiderstand die Heizspannung um etwa 20 Prozent erniedrigt und der Einfluß dieser Spannungsverringerung auf die Fre-

quenz durch die obengenannte Maßnahme möglichst klein gehalten werden. Bei der letzten Messung wird, ausgehend von 440 Hz, der Betrag und die Richtung der Frequenzänderung in Abhängigkeit von der Heizspannung festgehalten. Werden die 440 Hz des Schwebungstones durch Verstimmen nach den höheren Frequenzen zu erhalten und wandert dieser Schwebungston durch Null hindurch aus, dann wird die Frequenz des Oszillators durch die Heizspannungsänderung niedriger, im anderen Falle höher. Wird von Schwebungsnull ausgegangen, dann läßt sich die Richtung der Frequenzänderung nicht ohne weiteres feststellen. Nach dieser Messung kann gesagt werden, ob normale Netzspannungsschwankungen unsere späteren Meßergebnisse unzulässig beeinflussen. Den gleichen Vorgang wiederholen wir mit der Anoden- bzw. Schirmgitterspannung, allerdings sind dabei nur Spannungsänderungen, z. B. über ein Potentiometer, brauchbar. Dafür stellt sich der neue Wert sehr schnell ein, was bei der Änderung der Heizspannung nicht der Fall sein muß.

Nachdem durch diese beiden Messungen die Einflüsse der Arbeitspunktverschiebungen ermittelt wurden, wird die Frequenzkonstanz gemessen. Erfolgt sie ohne die bereits beschriebenen Messungen, so ist nicht bekannt, wie sich die auftretenden Streuwerte ihren Ursachen nach verteilen. Die restlichen Fehler lassen sich leicht nach Ursprungsort und Ursache einordnen. Sie können jetzt nur noch in den Schwingkreiselementen, also in Spule und Kondensator, liegen. Die Frequenzkonstanz wird gemessen, indem die Veränderung der Empfangsfrequenz zur empfangenden Frequenz festgestellt wird. Bei einem Einkreisempfänger geschieht das durch Anziehen der Rückkopplung, wobei hörbare Überlagerung erzeugt wird. Bei einem Super wird der Telegrafieüberlagerer eingeschaltet. Jetzt wird in beiden Fällen auf eine Frequenz, die z. B. 440 Hz über der Empfangsfrequenz liegt, abgestimmt und in bestimmten Zeiträumen die entstehende Änderung der hörbaren Frequenz notiert. Bild 25 zeigt eine Kurve, die an einem Einkreisempfänger bei 7145 kHz nach einer Einlaufzeit von 15 Minuten gemessen wurde. Die Schaltung des Gerätes

ist in Bild 26 gezeigt. Aus der Kurve (Bild 25) ist zu erkennen, daß die Frequenzkonstanz gut ist. Die maximale Abweichung liegt bei 750 Hz, das entspricht etwa $1 \cdot 10^{-4}$.

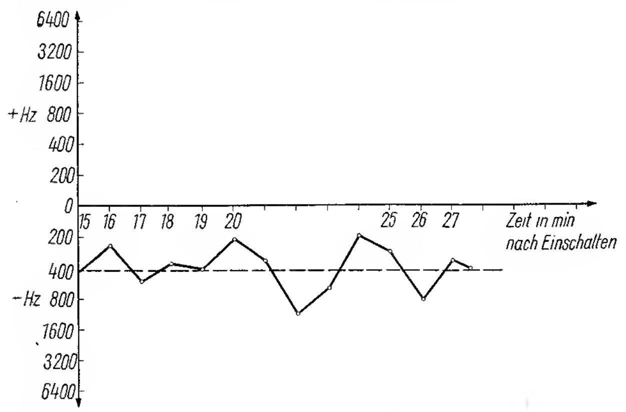


Bild 25. Frequenzkonstanz des 1-V-2 nach Bild 26

Trotzdem kann mit diesem Wert die Skala nicht geeicht werden, da die auftretenden Frequenzänderungen durch Austausch der Antennen ungefähr 100 Hz, bei Änderung der Abstimmung des Vorkreises ungefähr 2,5 kHz und bei Änderung der Rückkopplung über 1 kHz betragen. Durch

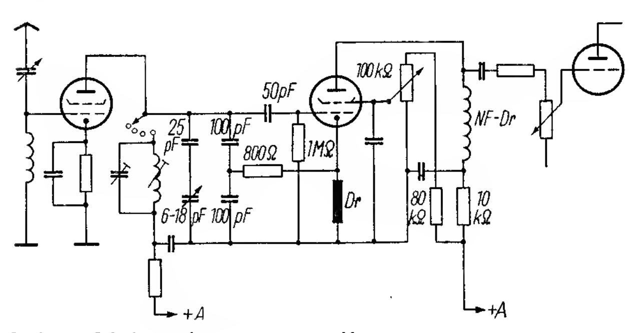


Bild 26. Schaltung des gemessenen 1-V-2

die Bedienung ergeben sich also etwa 3,5 kHz, das sind $5 \cdot 10^{-3}$ Fehler. Es zeigte sich weiter, daß der verwendete Kondensator nicht spielfrei in den Lagern war und dadurch im Meßbereich Fehler bis zu 1000 Hz auftraten. Der Empfänger arbeitete sehr gut und war recht empfindlich, was sich u. a. auf die gute Einstellbarkeit der Rückkopplung zurückführen ließ. Ein eingestellter Sender blieb gut im Einstellbereich, aber es gab mehr als einen frequenzbestimmenden Einstellknopf. Die Frequenzkonstanz war ebenfalls gut, die Toleranz jedoch schlecht. Die elektrische Stabilität ist zu einem Teil auf die Schaltung bei gleichzeitiger Anwendung von Mit- und Gegenkopplung zurückzuführen. Die Gegenkopplung erfolgt über den 800-Ω-Widerstand, der von der Katode nach den beiden Koppelkondensatoren von je 100 pF geschaltet ist. Aus dieser Frequenzkonstanzmessung ist zu entnehmen, daß hier ein Teil der für die Beurteilung der Treffsicherheit erforderlichen Daten anfällt. Es muß jedoch auf eine mögliche Fehlerquelle hingewiesen werden. Im vorliegenden Beispiel wurde der Vergleichssender durch das Audion demoduliert und überlagert. Bei Messungen mit Superheteradyne-Empfängern gehen die Fehler der darin arbeitenden Oszillatoren nicht in das Meßergebnis ein, wenn die Empfänger nur zur Demodulation des Mischproduktes, das durch die Frequenzen des Frequenznormals und des Meßobjekts entstanden ist, verwendet werden. Dagegen kann die Frequenzkonstanz unseres Kurzwellenempfängers nicht dadurch bestimmt werden, daß wir ein Signal empfangen, überlagern und den Gang der Überlagerungsfrequenz verfolgen. Auf diese Weise lassen sich die einzelnen Wirkungen nicht nach ihrem Ursprungsart trennen. Fehler können im ersten Überlagerer und im Telegrafieüberlagerer auftreten. Der Meßvorgang ist demnach so, daß die Frequenz des jeweiligen Überlagerers im KW-Empfänger mit dem Frequenznormal – ob selbständig, unselbständig oder als Signal eines Rundfunksenders genommen – gleichbleibt. Überlagert wird so, daß ein Überlagerungston von z. B. 440 Hz entsteht, der mit einem beliebigen Rundfunkgerät empfangen wird. Die Kontrolle ist die Verstimmung des Rundfunkgerätes, durch die sich

der Überlagerungston nicht ändern darf. Diese Messungen sollen am eingebauten Gerät vorgenommen werden, damit sich Temperaturverhältnisse gleich denen im späteren Betrieb einstellen. Den Einfluß der Temperatur erkennen wir, wenn die Spulen während der Messung mit einem Staubsaugerluftstrom angeblasen werden. Ändert sich dabei die Frequenz schnell und erheblich, so ist anzunehmen, daß ein Kondensator im Schwingkreis durch die HF-Ströme erwärmt wird. Bei Empfängern kommt diese Erscheinung selten vor.

c) Selektivität

Die Messung der Selektivität gliedert sich bei Überlagerungsempfängern in die Messung der Vorstufenselektivität und in die der ZF-Selektivität. Die Messung der Gesamtselektivität kann entfallen, sie deckt sich im wesentlichen mit der der ZF. Die Kenntnis der Vorselektion ist wichtig, um Rückschlüsse auf die Spiegelselektion ziehen zu können. Für die Messung der Vorselektivität wird die Regelleitung der ZF von der Diode abgelötet und über eine 1,5-Volt-Trockenbatteriezelle an Masse gelegt, so daß diese 1,5 V als negative Vorspannung an die Gitter der geregelten Röhren kommen. Dann wird über alle ZF-Kreise direkt an den Spulenköpfen je ein 5-kΩ-Widerstand geschaltet. Die Kreise werden dadurch so bedämpft, daß sie nicht mehr zur Selektion beitragen. Auch an den Spulentöpfen wird dann noch die Übertragung der HF von einer Stufe zur nächsten durch provisorische Einschaltung eines 100-pF-Kondensators ermöglicht. An den Lastwiderstand der Regeldiode wird ein Spannungsbereich des Vielfachgerätes geschaltet. Nach diesen vorläufigen Änderungen kann die Messung in der bereits bekannten Art beginnen. Der Empfänger wird auf Resonanz mit einer der obengenannten Frequenznormalen gebracht. Hier eignet sich aber der Empfang eines Rundfunksenders nicht, denn die dabei auftretenden Schwunderscheinungen würden das Meßergebnis fälschen. Außerdem muß die Skala geeicht und die Toleranz bekannt sein. Das Instrument in der Regeldiode wird auf den Bereich geschaltet, bei dem sich bei Resonanz ein möglichst großer Ausschlag ergibt. Dieser Bereich darf

während der Messung nicht umgeschaltet werden. Nachdem der Wert bei Resonanz gemessen ist, wird, immer in 10-kHz-Sprüngen, die Spannungsänderung bei Verstimmung gemessen. Bei dieser Messung müssen die Vorkreise unter betriebsmäßigen Bedingungen arbeiten. Die Antenne ist angeschlossen, und die Betriebsspannungen sind normal. Die Messungen werden einige Male wiederholt, damit die Streuungen, die sich aus den verschiedenen Einflußfaktoren ergeben, erkannt und durch Mitteln der erhaltenen Meßwerte verbessert werden können. Zum Schluß empfiehlt es sich, die erhaltenen Werte in einer Kurve über der mit den errechneten Werten aufzuzeichnen. Wurde richtig gerechnet, dann decken sich beide Kurven weitgehend. Ist die Bandbreite erheblich größer, dann sind die Spulen und ihre Dämpfungswiderstände zu günstig in die Rechnung eingesetzt worden, oder die Kopplung ist zu fest. Ist die Selektivität wesentlich größer, dann ist damit zu rechnen, daß zwischen den Stufen eine Mitkopplung besteht, die zur Selbsterregung führen kann, besonders dann, wenn die Stufe geregelt wird. Bild 27 zeigt die am Bandfilterempfänger (nach Bild 24) bei 80 m gewonnenen Ergebnisse. Sie decken sich hier gut miteinander, sind aber schon bei 14 MHz wesentlich ungünstiger, weil dort, durch den Aufbau bedingt, Selbsterregungsneigung besteht. Wird die ZF mit 465 kHz genommen, kann aus dieser Kurve ersehen werden, daß bei der Spiegelfrequenz von 3,6 MHz + 2 · 0,465 MHz = 4,53 MHz die Verstärkung auf den 0,0001. Teil zurückgeht. Dieser Wert läßt sich leicht feststellen. Die gerechnete Kurve gilt für zwei Bandfilter mit Kreisgüten von 100. Die Messungen ergeben eine mittlere Güte von etwa 80. Die Trennwirkung ist

$$s' = \frac{1}{2}\left(\frac{y}{d}\right)^2 \text{(bei kritischer Kopplung)},$$

wobei y die Doppelverstimmung und d die Dämpfung der Kreise ist. Damit ergibt sich eine Trennung von rund 800^2 oder 80 dB. Da aber kein Gerät so dicht ist, daß dieser Wert für uns nutzbar wird, darf mit einer Spiegelselektion von 60 dB gerechnet werden. Im 10-m-Band ist die Trennwirkung auf $^1/_{560}$ oder 56 dB zurückgegangen.

Bei der oft angewandten Schaltung mit zwei Vorkreisen, von denen einer durch die Antenne belastet ist, liegen diese Werte, unter der Annahme, daß der Vorkreis eine Güte

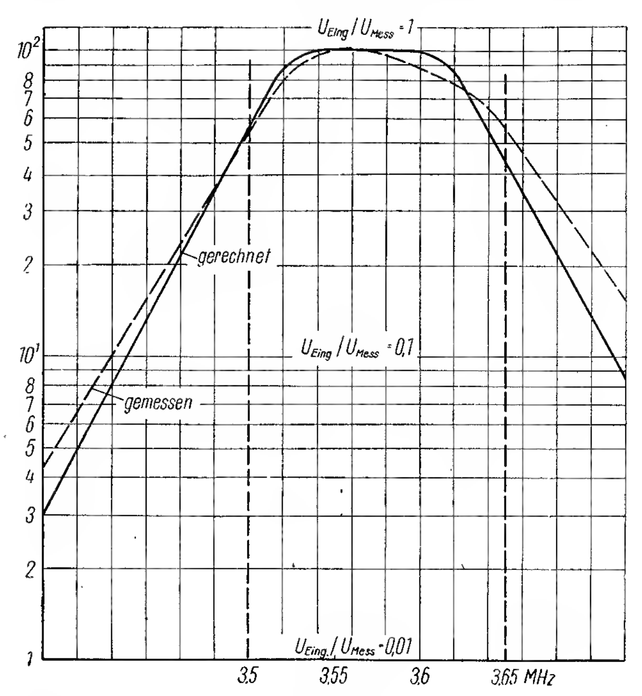


Bild 27. Bandbreitekurven des Bandfilter-HF-Eingangs

von 50 und der Zwischenkreis eine Güte von 80 erreicht, im 80-m-Band bei 1 : 67 oder 35 dB und im 10-m-Band bei 1 : 8,7, das entspricht 19 dB. Damit wird verständlich, warum viele Amateure zum Doppelsuper greifen. Die drei Überlagerer verursachen aber Ober- und Nebenwellen, die wieder empfangen werden und recht unangenehm stören können.

d) Empfindlichkeit

Das Messen der Empfindlichkeit erfordert einen Rauschgenerator. Diese Messung können wir kaum selbst durchführen. Trotzdem kann man überschlagen, ob der Empfänger mit seiner Empfindlichkeit gut liegt. Diese Kontrolle, die nur beim Super mit Vorstufe Sinn hat, erfolgt, indem bei abgeschalteter Antenne ein Ohmscher Widerstand an den Antenneneingang gelagert wird. Dieser Ohmsche Widerstand soll einen Wert haben, der dem vorgesehenen Fußpunktwiderstand der Antenne entspricht. Darauf wird die Verstärkung des Gerätes so weit hochgeregelt, daß im Ausgang eine Wechselspannung von z. B. 10 V gemessen wird. Schaltet man jetzt die Heizung der ersten Röhre ab, dann zeigt das Instrument im Ausgang einen anderen, niedrigeren Wert. Die Verringerung dieses Wertes hängt von dem Verhältnis des Rauschwiderstandes der HF-Röhre zur Oszillatorröhre und dem Verstärkungsgrad der ersten Röhre ab. Der äquivalente Rauschwiderstand ist in den Röhrentabellen enthalten. Die Verstärkung ergibt sich aus den Betriebswerten der Vorröhre und den Daten des Schwingkreises. Bei Verwendung der EF 80 und der ECH 80 wird der Unterschied oft nicht groß, denn die Rauschwiderstände liegen bei (ECH 81 als Mischröhre!) 1,2 kΩ und 70 kΩ. Wird zur Mischung die Röhre ECF 82 genommen, dann geht die Rauschspannung nach Abschalten der Vorröhre erheblich zurück. Durch Änderung der Betriebsdaten der Vorröhre wird auf den größten Unterschied hingewirkt. Diese Untersuchungen sollen den Nachweis erbringen, daß in Dimensionierung und Anordnung keine groben Fehler stecken. Bereits im 20-m-Band wird aber die nutzbare Empfindlichkeit des Gerätes durch die über die Antenne empfangenen Störungen begrenzt.

13.2 50-W-Sender

Bild 28 zeigt die Schaltung des Senders. Er ist mit zwei EF 80 und zwei EL 36 bestückt und leistet mit 350 V Anodenspannung reichlich 50 W. Die Stabilität ist ausreichend.

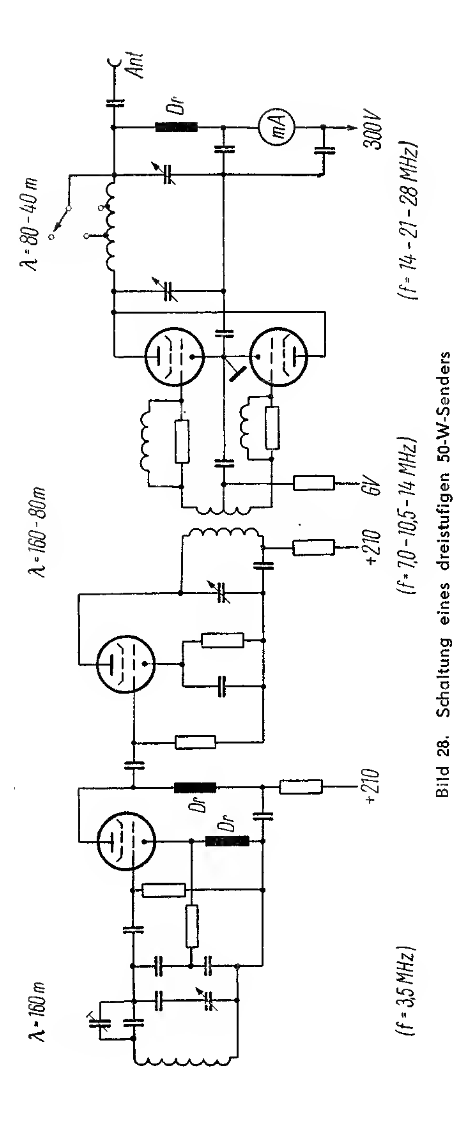


Bild 28. Schaltung eines dreistufigen 50-W-Senders

Es sind zu messen:

a) die Frequenzkonstanz,

b) die Frequenztoleranz,

c) der Wirkungsgrad der Endstufe bei 70 Ω.

Die Messung der Frequenzkonstanz erfolgt nach den bereits genannten Verfahren durch Frequenzvergleich mit einem Frequenznormal und durch Abhören der Überlagerungsfrequenz. Die Messung erfolgt wieder in zwei Etappen, einer orientierenden Messung mit dem Ziel, die Schaltung zu korrigieren, und einer Messung zum Ermitteln der endgültigen Daten. Im Gegensatz zu früheren Messungen wird hier sofort nach Einschalten des Senders gemessen. Während des Messens sollen alle Röhren im Sender stecken, damit die Heizspannung der Betriebsspannung entspricht. Die Anoden- oder Schirmgitterspannung der Oszillatorröhre wird über Stabilisatoren zugeführt, so daß der Einfluß von Anodenspannungsänderungen aufgehoben ist. Der Sender soll geerdet und im Gehäuse sein. Mit dem von der Katode der Oszillatorröhre zum Schwingkreis geschalteten Widerstand wird der Rückkopplungseinsatz richtig eingestellt. Alle Teile müssen in der endgültigen Stellung montiert sein. Die Leitungen sollen kurz und stabil gehalten werden. Die Schwingkreiselemente sind so anzuordnen, daß durch Röhrenwärme und andere Einflüsse keine Rückwirkungen auftreten können. Nach Inbetriebnahme des Senders und erstem Abhören der Überlagerungsfrequenz, die zuerst bei Null Hz liegen soll, wird durch Verstimmen der Zwischenkreise und Bereichschaltung sowie durch Tastung festgestellt, ob und wieviel diese Versuche die Frequenz des Steuersenders beeinflussen. Auch die Leistungsregelung ist von Mittelstrich bis Oberstrich durchzuführen. Nachdem alle Einflüsse nach Betrag und Richtung vorläufig erfaßt sind, läßt man das Gerät wieder abkühlen. In der Zwischenzeit soll aber das selbständige Frequenznormal, wenn es verwendet wird, durchlaufen. Ein unselbständiges Frequenznormal kann abgeschaltet werden, denn die Frequenzgenauigkeit wird von der fernen Station sichergestellt. Nun wird eine Liste angefertigt. In die erste Spalte trägt man die Zeit der Messungen in Minuten und

daneben die jeweilige Frequenzabweichung ein. In einer anderen Spalte werden Bemerkungen notiert, wie z. B. kleine Frequenzsprünge; langsam oder schnell; länger dauernd oder nur kurzzeitig usw. Jetzt kann die Messung beginnen. Das Frequenznormal ist in Betrieb, ebenso das Rundfunkgerät, mit dem die Schwebungen abgehört werden. Der Steuersender wird, eventuell mit einer Oberwelle, auf die Normalfrequenz so abgestimmt, daß Schwebungsnull entsteht. Bei einem Super ist das gut am magischen Auge zu erkennen. Der Schwebungston wird sich zuerst schnell und nach etwa 30 Minuten nur noch wenig ändern. Um wieviel sich dieser Tan ändert, wird mit einer Stimmgabel, einer Stimmpfeife oder einem Musikinstrument festgestellt. Kleine Änderungen können mit den 50 Hz der Netzfrequenz festgestellt werden. Schwebungen werden immer hörbar, wenn die Tonänderung im Rundfunkempfänger über die Frequenz unserer Stimmgabel läuft. Diese Durchläufe werden nach Zeit und Frequenz mit entsprechenden Bemerkungen in die Liste eingetragen. Günstig ist es, diese Messungen bei 7 MHz vorzunehmen, denn bei dieser Meßfrequenz ergeben sich brauchbare und übersichtliche Verhältnisse. Die erste Messung muß oft nach zehn oder fünfzehn Minuten abgebrochen werden, da die Auswanderung der Frequenz zu groß ist. Jetzt wird am Sender der Schwebungston wieder auf Null gebracht und dabei beachtet, ob die Frequenz nach oben oder unten ausgewandert ist. Entsprechend der ungewollten Frequenzänderung wird durch Austausch van Schwingkreiskondensatoren mit anderem Temperaturverhalten der Temperatureinfluß herabgemindert. Das muß einige Male wiederholt werden, dabei werden die Meßzeiten immer größer, sa daß zuletzt ein Meßvargang etwa eine Stunde dauert. Die Messung erfolgt am warmgelaufenen Sender, d. h. an einem Sender, der ohne Tastung etwa eine halbe Stunde eingeschaltet ist. Erst dann erfolgen die Messungen mit Tastung. Sender, bei denen die Tastung hinter der Steuerstufe erfolgt, läßt man mit eingeschalteter Steuerstufe warmlaufen. Diese Steuerstufen sind leichter frequenzstabil zu halten als die nur zeitweise getasteten Stufen, wobei bei einem Telegrafiesender die Verhältnisse nach günstiger liegen als

bei einem Foniesender. Bild 29 zeigt drei Meßwertgruppen, die das Ergebnis des Austausches verschiedener Kondensatoren angeben. Die dritte Messung zeigt, daß sich das Ergebnis noch etwas verbessern läßt, wenn eine kleine Korrektur vorgenommen wird. Die ersten Messungen ergaben, daß die Senderfrequenz nach höheren Frequenzen hin auswanderte. Bei der letzten Messung lief die Änderung in entgegengesetzter Richtung, blieb aber innerhalb einer Stunde besser als 360 Hz, das entspricht etwa $5 \cdot 10^{-5}$. Ein Wert von $1 \cdot 10^{-5}$ würde sich über eine Betriebszeit von 30 min erreichen lassen. Das ist mehr als eine QSO-Dauer, der Partner wird deshalb nicht melden, daß die Frequenz auswandert. Jetzt würde die Frequenz im 10-m-Band nach 30 min etwa 900 Hz weglaufen; ein Wert, der auch brauchbar ist.

Die Frequenztoleranz wurde zum Teil bereits bei der Vorbereitung der Konstanzmessung nachgeprüft. Es müssen aber noch genauere und vollständige Werte ermittelt werden. Wie schon beim Empfängeroszillator beschrieben, werden die Einflüsse der einzelnen Störgrößen ermittelt. Durch Einstellen der Frequenz, einmal von höheren und dann von niedrigen Frequenzen her kommend, werden Wiederkehrgenauigkeit, Lagerspiel, Parallaxe und andere Anzeigefehler ermittelt. Durch Ändern der Abstimmung der nachfolgenden Kreise, der Leistung und der Auskopplung wird die Rückwirkung auf den Oszillator festgestellt. Außerdem sollten noch Netzspannungsänderungen von ± 15 Prozent erzeugt und deren Einfluß gemessen werden. Alle diese Fehler werden addiert und ergeben die Frequenztoleranz. Dieses Ergebnis müßte nach einem halben Jahr durch eine Meßreihe geprüft werden, um die Veränderung über längere Zeit zu erfassen. Bei Amateurstationen ist eine gute Frequenzkonstanz wesentlicher als die Toleranz. Bei kommerziellen Stationen muß natürlich auch die Toleranz den bestehenden internationalen Bestimmungen entsprechen. Der Oszillator wird dort in einem Thermostaten untergebracht, um den Temperaturgang weitgehend auszuschalten. Der Frequenzbereich im kommerziellen Sender ist etwa 1 : 2. Dadurch können sich viel mehr Kom-

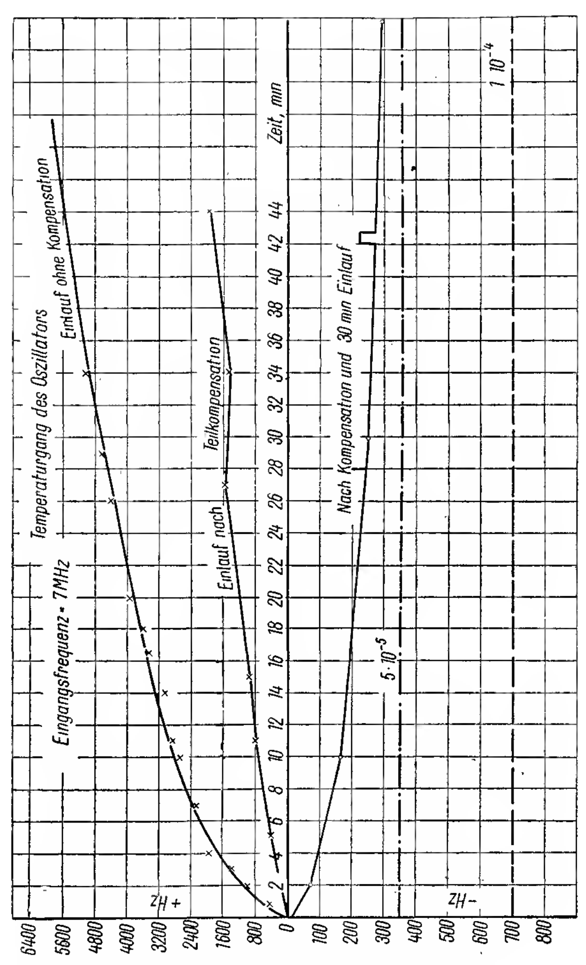


Bild 29. Frequenzgang des Steuersenders nach Bild 28

plikatianen ergeben als in einem Amateursender, wenn dieser als Bandsender gebaut wurde.

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Endstufe sind nach einige Hinweise erfarderlich. Die Endstufe sallte in ihren Einstellwerten berechnet werden, damit ihre Leistungsfähigkeit zu erkennen ist. Werden diese Werte beim Messen nicht festgestellt, stimmt aber der Wirkungsgrad, dann sind die Arbeitspunkte, besanders die Veränderung der Gittervarspannung und der Eingangs-HF, bei den verschiedenen Belastungszuständen zu prüfen. Das gilt speziell für Röhren, die viel Gitterstram ziehen. Wird z. B. die Gittervarspannung aus einem Spannungsteiler gewonnen, der einen Querstrom von 10 mA aufnimmt, und beträgt der Gitterstram 2 mA, dann wird sich der Spannungsabfall und damit die Gittervarspannung ändern.

Merke: Messen heißt nicht nur, einen Zustand prüfen, sandern auch Abhängigkeiten, hier der Betriebsdaten, berücksichtigen.

Demnach geht der Leistungsmessung eine umfassende arientierende Messung varaus, die zunächst nur Infarmationswert hat. Die Endstufe wird mit einem Widerstand belastet, der der späteren Auskapplung auf die Antenne entspricht. Varteilhaft sind hier Endstufen, die auf HF-Kabel arbeiten, aber auch andere niederahmige Antennenausgänge lassen sich bei unseren Messungen gut beherrschen. Nicht sa günstig sind Messungen an hachahmigen Senderausgängen. Hachahmige Antennen, Fuchs und Windam, werden über Zwischenkreise gespeist, denen die Energie über Kabel zugeführt wird. Für die Leistungsmessungen genügt daher eine Messung an einem bestimmten kleinen Widerstand. Sie sall bei etwa 60 Ω bis 75 Ω erfalgen. Als Belastungswiderstände dienen kleine Saffitten, mit denen Außenwiderstände hergestellt werden. Es ist aber zu beachten, daß der Widerstand van Glühlampen sehr stark van der Temperatur des Glühdrahtes abhängt. Die Gruppenschaltung sall deshalb sa vargenommen werden, daß alle Lämpchen mäglichst sa hell wie im narmalen Betrieb leuchten.

Die Leistung eines 50-W-Senders sall gemessen werden. Die Anadeneingangsleistung wird aus der Anadenspannung mal dem Anadenstram ermittelt. Bei 300 V Anadenspannung fließen dann 166 mA Anodenstrom. Die HF-Leistung muß, wenn ein Wirkungsgrad van 66 Prazent zugrunde gelegt wird, etwa 30 W betragen. Sind 5 Lämpchen mit 12 V und 0,5 A in Serie geschaltet, sa werden bei 60 Ω 30 W vernichtet, wenn die Lämpchen hell leuchten. Auch bei anderen Leistungen lassen sich geeignete Zusammenstellungen finden. An den Senderausgängen werden nun die 5 Lämpchen als künstliche Antennen geschaltet, ein weiteres Lämpchen wird über einen regelbaren Varwiderstand, mäglichst an 12 V Spannung, aus der Heizwicklung gespeist. Besser ist die Anschaltung an einen 6-V-Akkumulatar. Aus Stram- und Spannungsmessung ader der Messung des Spannungsabfalles an dem Varwiderstand (wenn kein Wechselstrammeßbereich varhanden ist) wird die Leistungsaufnahme der Vergleichslampe festgestellt und die Helligkeit der Glühdrähte durch den Regelwiderstand ausgeglichen. Natürlich muß varher die Einstellung des Senders so erfalgen, daß die 5 Lämpchen im Senderausgang die größte Helligkeit haben. Nach Ausgleichen der Helligkeit der Lämpchen wird die Leistungsaufnahme festgestellt. Die HF-Leistung des Senders ist, da an der Antennenbuchse 5 Lämpchen mit der gleichen Helligkeit leuchten, fünfmal sa groß wie die der Vergleichslampe.

Auch der Widerstand ist leicht zu errechnen. Diese Messung ist genau, da alle Einflußgräßen erfaßt werden. Weicht der gemessene Wert erheblich van dem errechneten ab, dann muß die Ursache gesucht und beseitigt werden. Im 10-m-Band wird man, besanders wenn bei hoher Anadenspannung kleine Anadensträme fließen, feststellen, daß die Leistung geringer wird. Das ist meist auf die zu graße Kreiskapazität zurückzuführen, die den Anodenkreis niederahmig hält, was wiederum zu hahen Kreissträmungen und damit zu graßen Verlusten führt. War eine salche Endstufe eine Viertelstunde in Betrieb, dann ist die Anadenkreisspule heiß. Schlechter ist es, wenn der Leistungsanteil der HF nicht außerhalb, sandern in der Endrähre frei wird. Die

Endrähre wird überlastet, die Anade glüht. Aber auch hier warnt bereits die geringe HF-Leistung, die bei der Messung festgestellt wurde. Diese Messung ist deshalb für den Amateur neben der Kanstanzmessung am wichtigsten, da dadurch Fehler, die Betriebssicherheit und Betriebskosten stark beeinflussen kännen, erkannt werden.

14. Messungen an Geräten der Klubstationen

An den Geräten der Klubstatianen der GST sall nur unter Anleitung eines verantwartlichen Kameraden gemessen werden. Var Beginn der Messungen müssen wir uns genau mit der Funktian der Geräte vertraut machen. Die Messung sall immer in eine arientierende und die eigentliche Messung getrennt werden.

Die hauptsächlichsten Messungen sind Frequenzmessungen zur Eichung unserer Geräte und Klirrgradmessungen. Außerdem sallten nach Mäglichkeit an den Einrichtungen der Klubstatianen die Eichung des Vielfachmessers und des Grid-Dip-Meters geprüft werden. Auch die Resteichung am Grid-Dip-Meter kann hier erfalgen.

Die Frequenzmessungen erfalgen nach den gegebenen Hinweisen und nach den Varschriften der Bedienungsanleitung des Meßgerätes. Die Klirrfaktarmessung an Verstärkern wird mit der Klirrfaktarmeßbrücke durchgeführt. Mit einem Tangeneratar kann der Frequenzgang des Madulatians-Verstärkers gemessen und das Ergebnis der Änderungen der Schaltung festgestellt werden. Wertvall ist ein Rauschgeneratar. Mit ihm können die wirklichen Empfindlichkeitswerte unseres Empfängers festgestellt und dabei geprüft werden, ab die beim Bau gemachten Überlegungen auch verwirklicht wurden. Oft ist auch eine Gütefaktarmeßbrücke in der Klubstatian varhanden. Die Gütewerte, die mit ihrer Hilfe an unseren Spulen ermittelt werden, sind nur Vergleichswerte und keine Rechnungsgrundlage. Durch die Betriebsfrequenz und die im Betrieb auftretenden anderen Kapazitätswerte der Kreiskandensatoren ergeben

sich auch betriebsmäßig andere Güten. Aber der Vergleich von Spulen, die mit gleicher Kapazität bei der gleichen Frequenz gemessen werden, gibt wertvolle Hinweise für ihre Verwendbarkeit und Dimensionierung. Aus diesem Grunde ist eine Gütemessung, wenn mehrere Spulenarten zur Auswahl stehen, von erheblichem Wert.

15. LITERATURHINWEISE

1. Ajsenberg, G. S.: Kurzwellenantennen
Fachbuchverlag, Leipzig 1954

2. Archinow, S. S.: Frequenzkanstanz van Rähren-generataren
VEB Verlag Technik, Berlin 1956

3. Benz, F.: Meßtechnik für Funkingenieure
Springer-Verlag, Wien 1952

4. Fischer, J.-J.: Amateurfunk, 2. Auflage
Verlag Spart und Technik, Neuenhagen 1958

5. Laporte, H.: Die Messung von elektrischen Schwingungen aller Art nach Frequenz und Amplitude
Verlag W. Knapp, Halle/Saale 1950

6. Laparte, H.: Die Messung van elektrischen Spannungen und Strömen aller Art
Verlag W. Knapp, Halle/Saale 1950

7. Laparte, H.: Hachfrequenztechnische Feldstärkemessung und Feldstärke-registrierung
Verlag W. Knapp, Halle/Saale 1950

8. Madel, S. I. und Newjashskij, I. Ch.: Hachfrequenzsender
VEB Verlag Technik, Berlin 1953

9. Pitsch, H.: Lehrbuch der Funkempfangstechnik
Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1948

10. Pitsch, H.: Hilfsbuch für die Funktechnik
Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951

11. Rint, C.: Handbuch der Hachfrequenz und Elektratechnik (4 Bände)
Verlag Radia-Fota-Kino-Technik, Berlin 1952

12. Zinke, O.: Hachfrequenzmeßtechnik
Verlag O. Hirzel, Zürich 1946

INHALTSVERZEICHNIS

Preis 1,90 DM